



TUGAS AKHIR - MO 141326

REASSESSMENT KEKUATAN TIANG PANCANG DERMAGA
INTERNASIONAL PT. TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA
AKIBAT PENGEMBANGAN FASILITAS DERMAGA

Faatih Rabbaaniy

NRP. 0431134000027

Dosen Pembimbing :

Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc.

Dr. Eng. K. Sambodho, S.T., M.Eng

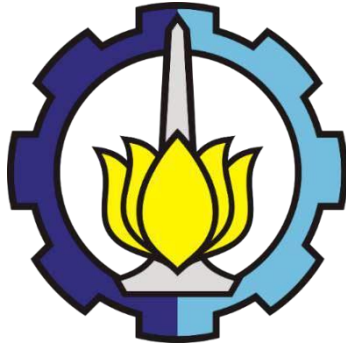
Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018



TUGAS AKHIR - MO 141326

**REASSESSMENT KEKUATAN TIANG PANCANG DERMAGA
INTERNASIONAL PT. TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA AKIBAT
PENGEMBANGAN FASILITAS PELABUHAN**

Faatih Rabbaaniy

NRP. 04311340000027

Dosen Pembimbing :

Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc.

Dr. Eng. K. Sambodho, S.T., M.Eng

Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018

**Reassessment Kekuatan Tiang Pancang Dermaga Internasional
PT. Terminal Petikemas Surabaya Akibat Pengembangan
Fasilitas Dermaga**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik pada
program studi S-1 Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

FAATIH RABBAANIY

NRP. 4313100027

Disetujui oleh:

1. Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc (Pembimbing 1)

2. Dr. Eng. K. Sambodho, S.T., M.Eng (Pembimbing 2)

3. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D. (Penguji 1)

4. Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc. (Penguji 2)

5. Sujantoko, S.T., M.T (Penguji 4)

SURABAYA, OKTOBER 2017

ABSTRAK
REASSESSMENT KEKUATAN TIANG PANCANG
DERMAGA INTERNASIONAL PT. TERMINAL
PETIKEMAS SURABAYA AKIBAT PENGEMBANGAN
FASILITAS DERMAGA

Nama Mahasiswa : Faatih Rabbaaniy
NRP : 4313 100 027
Departemen : Teknik Kelautan
Dosen Pembimbing : Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc.
Dr. Eng. K. Sambodho, S.T., M.Eng

Dermaga Internasional PT. Terminal Petikemas Surabaya terletak di Pelabuhan III Tanjung Perak Surabaya. Secara geografis terletak pada koordinat 7;12;S, 112;40E, di bagian ujung alur pelayaran di antara pulau Jawa dan pulau Madura sepanjang 25 mil. Dengan letaknya yang strategis strategis, karena berhubungan langsung dengan jalan Raya Tol Surabaya dan jalur Kereta Api, menjadikan dermaga di PT. TPS ini menjadi yang tersibuk ke 2 di Indonesia. Analisa dilakukan dengan bantuan *software* SAP 2000 untuk mempermudah proses analisa. Diharapkan hasil analisa dapat dijadikan acuan guna perbaikan struktur dermaga dan pengembangan fasilitas dermaga di PT. TPS.

Tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui apakah tiang pancang masih “aman” apabila PT. TPS menambah 3 *crane* baru dan menambah kapasitas pelayanan kapal hingga 60000 DWT. Dari hasil analisis yang dilakukan didapat *capacity ratio* terbesar untuk pile dengan OD 1117.6 mm sebesar 0.196287 (kurang dari 1) dan pile dengan OD 711.2 mm sebesar 0.768785 (kurang dari 1) dan juga Dari hasil *running* analisis didapat defleksi sebesar 0.000000002422 (lebih kecil dari defleksi ijin sebesar 0.0407), sehingga dapat disimpulkan bahwa

struktur masih “aman” dan tidak memerlukan modifikasi struktur untuk memperkuat dermaga dalam mengembangkan perencanaannya.

Kata kunci: Dermaga internasional, tiang pancang, SAP2000

ABSTRACT

REASSESSMENT STRENGTH OF PILES AT PORT PT. TERMINAL PETIKEMAS SURABAYA DUE TO THE DEVELOPMENT OF PORT FACILITIES

Name : Faatih Rabbaaniy
REG : 4313 100 027
Departement : Ocean Engineering
Supervisors : Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc.
Dr. Eng. K. Sambodho, S.T., M.Eng

International Dock PT. Terminal Petikemas Surabaya is located at Port III Tanjung Perak Surabaya. Geographically located at coordinates 7, 12, S, 112; 40E, at the end of the cruise line between the island of Java and the island of Madura along the 25 miles. With its strategic strategic location, because it is directly related to Surabaya Highway and Railway line, making the dock at PT TPS becomes the 2nd busiest in Indonesia. Analysis is done with the help of SAP 2000 to simplify the process of analysis. It is expected that the results of the analysis can be used as a reference for the improvement of dock structure and development of dock facilities in PT. TPS.

This final project aims to find out whether the pile is still "safe" if PT. TPS added 3 new cranes and increased ship service capacity to 60000 DWT. From the analysis results obtained the largest capacity ratio for pile with OD 1117.6 mm for 0.196287 (less than 1) and pile with OD 711.2 mm for 0.768785 (less than 1) and also from the results of running analysis obtained deflection of 0.000000002422 (smaller than deflection permit of 0.0407), so it can be concluded that the structure is still "safe" and does not require structural modification to strengthen the dock in developing its planning.

Keyword : international port, pile, SAP2000

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karna berkat limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tak lupa shalawat serta salam senantiasa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, sahabat-sahabatnya dan para pengikutnya yang telah memberi petunjuk berupa ajaran agama Islam dari Allah SWT hingga saat ini.

Alhamdulillah berkat limpahan nikmat yang berupa nikmat sehat dan lainnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Reassessment Kekuatan Tiang Pancang Dermaga Internasional PT. Terminal Petikemas Surabaya Akibat Pengembangan Fasilitas Dermaga**”. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi sarjana (S-1) dan untuk mendapatkan gelar sarjana teknik (S.T) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan , Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Dalam pengerjaan dan penulisan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa kemungkinan terjadi kesalahan atau ketidak sempurnaan masih dapat terjadi, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak guna untuk menyempurnakan baik dalam tugas akhir ini maupun penelitian untuk tugas akhir selanjutnya.

Demikian yang dapat penulis sampaikan. Harapan penulis, semoga penelitian ini bisa bermanfaat bagi para pembaca dan juga penulis sendiri serta semoga dapat memberikan manfaat untuk memajukan teknologi-teknologi dibidang kelautan maupun bidang lainnya.

Surabaya, Oktober 2017

Faatih Rabbaaniy

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak-pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis Bapak Sudjijono dan Ibu Asih Wji Astuti yang selalu memberikan dukungan berupa do'a dan dukungan moril maupun material kepada penulis selama ini.
2. Bapak Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc.. selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan arahan dan bimbingan yang intensif kepada penulis selama pengerjaan tugas akhir, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Bapak Dr. Eng. K. Sambodho, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan arahan, nasihat dan bimbingan selama pengerjaan tugas akhir.
4. Bapak Ir. Imam Rochani, M.Sc. selaku dosen wali penulis yang telah memberikan nasehat yang membangun selama penulis belajar dan menjadi mahasiswa di Departemen Teknik Kelautan FTK ITS.
5. Seluruh staf pengajar dan karyawan Departemen Teknik Kelautan FTK ITS.
6. Teman penulis khususnya yaitu Agung Susilo, Anang Setyo Budi, Rieska Nugrahini, dan Elisa Puspitasari yang telah membantu penulis selama mengerjakan tugas akhir ini, yang senantiasa memberi dukungan semangat dan moril, juga dukungan-dukkungan lain yang tidak bisa penulis sebutka satu persatu karna merekalah teman terbaik penulis.
7. Teman kontrakan selama kuliah di ITS yaitu Nur Rochman Muhammad, Bayu Fatchur Rohman, Muzayin Robith Irhamni, dan Ahmad Qomaruddin yang

telah membantu juga selama pengerjaan tugas akhir ini dengan banyak memberi info dan masukan terkait tugas akhir ini.

8. Kakak penulis, kerabat, dan keluarga penulis yang juga senantiasa memberi dukungan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
9. Teman-teman VALTAMERI Teknik Kelautan 2013, yang sudah membantu dan mendukung selama penulis kuliah di departemen Teknik Kelautan dan tugas akhir ini.
10. Teman-teman penulis diluar Departemen Teknik Kelautan FTK ITS, yang senantiasa meberikan dukungan semangat kepada penulis sehingga penulis untuk segera menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Serta pihak-pihak lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih atas bantuan dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, semoga Allah SWT memberi kemudahan bagi kita semua dalam langkah menuju masa depan yang kita inginkan.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA & DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Tiang Pancang.....	6
2.2.2 Data Angin	7
2.2.2.1 Gaya <i>Mooring</i> Akibat Angin.....	7
2.2.2.2 Gaya <i>Mooring</i> Akibat Arus	8
2.2.2.3 Konversi Data Angin ke Gelombang.....	8
2.2.3 Teori Gelombang	11
2.2.3.1 Beban Gelombang	13
2.2.4 Gaya Sandar (<i>fender</i>)	16
2.2.5 Gaya Pada <i>Bolloard</i>	18
2.2.6 Beban Gempa	19
2.2.7 <i>Software</i> SAP2000	22
2.2.8 <i>Capacity Ratio</i>	22

2.2.8.1 <i>Axial and Bending Stress</i>	22
2.2.8.2 <i>Shear Stress</i>	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian	25
3.2 Prosedur Penelitian	26
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	
4.1 Beban Mati	29
4.2 Beban Hidup	29
4.3 Perhitungan Beban <i>Crane</i>	30
4.4 Perhitungan Beban Gelombang	31
4.5 Beban Arus Terhadap Tiang Pancang	34
4.6 Gaya <i>Mooring</i>	35
4.6.1 Gaya <i>Mooring</i> Akibat Angin	35
4.6.2 Gaya <i>Mooring</i> Akibat Arus	36
4.7 Perhitungan Beban Sandar Kapal	37
4.7.1 Beban Sandar Eksisting dengan Kapal 35000 DWT	37
4.7.2 Beban Sandar Rencana dengan Kapal 60000 DWT	39
4.8 Perhitungan Gaya <i>Mooring</i> pada <i>Bolloard</i>	40
4.9 Beban Gempa	40
4.10 Kombinasi Pembebanan	42
4.11 Analisis Struktur Eksisting	44
4.11.1 <i>Capacity Ratio</i>	44
4.11.2 Kontrol Defleksi	48
4.12 Analisis Struktur dengan Rencana Penambahan Beban	49
4.12.1 <i>Capacity Ratio</i>	49
4.12.2 Kontrol Defleksi	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Letak PT. TPS berdasarkan satelit <i>google maps</i>	1
1.2 <i>Layout</i> tiang pancang dermaga Internasional (barat) di PT. TPS	3
1.3 <i>Layout</i> tiang pancang dermaga Internasional (timur) di PT. TPS	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA & DASAR TEORI

2.1 Contoh Tiang Pancang.....	6
2.2 Grafik hubungan kecepatan angin di laut dan di darat (SPM 2002)	9
2.3 Definisi Gelombang.....	12
2.4 Jarak pusat berat kapal sampai titik sandar kapal.....	18
2.5 Jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal	18
2.6 Peta Persebaran Nilai S_1 Di Indonesia	21
2.7 Peta Persebaran Nilai S_s Di Indonesia.....	22

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram alir penelitian Tugas Akhir	25
---	----

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Konfigurasi roda dan beban truk <i>container</i>	29
4.2 Sketsa ilustrasi <i>crane</i> yang digunakan.....	30
4.3 Hasil pemodelan beban <i>crane</i> pada SAP2000.....	31
4.4 <i>Region of Validity of Wave Theories</i> (SPM, 1984)	32
4.5 Hasil input beban gelombang tampak 3D.....	34
4.6 Hasil input beban gelombang tampak samping.....	34
4.7 Pemodelan tampak 3D beban arus SAP 2000	35
4.8 Pemodelan <i>input</i> beban <i>fender</i>	38
4.9 Pemodelan <i>input</i> beban <i>Bolloard</i>	40
4.10 Peta respon nilai respons percepatan spektral gempa dalam periode pendek ...	41
4.11 Peta respon nilai respons percepatan spektral gempa dalam periode 1 detik	41
4.12 Grafik respon struktur untuk beban gempa	42
4.13 Hasil <i>Steel Check Design (Capacity Ratio)</i> dermaga eksisting.....	45
4.14 Grafik nilai <i>capacity ratio pile</i> OD 1117.6 mm dermaga eksisting	46
4.15 Grafik nilai <i>capacity ratio pile</i> OD 711.2 mm dermaga eksisting	47
4.16 Hasil Steel Stress Check Information (<i>capacity ratio</i>) dermaga eksisting	48

4.17 Hasil <i>Steel Check Design (Capacity Ratio)</i> dermaga modifikasi	49
4.18 Grafik nilai <i>capacity ratio pile</i> OD 1117.6 mm dermaga modifikasi	51
4.19 Grafik nilai <i>capacity ratio pile</i> OD 711.2 mm dermaga modifikasi	52
4.20 Hasil Steel Stress Check Information (<i>capacity ratio</i>) dermaga modifikasi	53
4.21 Diagram Frame Object Pile 83 untuk axial dan torsion	54
4.22 Diagram Frame Object Pile 83 untuk gaya geser sumbu x dan momen sumbu z	54
4.23 Diagram Frame Object Pile 83 untuk gaya geser sumbu z dan momen searah sumbu x.....	54
4.24 Diagram Frame Object Pile 594 untuk axial dan torsion	55
4.25 Diagram Frame Object Pile 594 untuk gaya geser sumbu x dan momen searah sumbu z.....	55
4.26 Diagram Frame Object Pile 594 untuk gaya geser sumbu z dan momen searah sumbu x.....	56

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

DAFTAR TABEL

BAB 1 PENDAHULUAN

BAB II TINJAUAN PUSTAKA & DASAR TEORI

2.1 Koefisien Drag.....	15
2.2 Koefisien Inersia.....	15
2.3 Kecepatan merapat kapal pada dermaga (Triadmodjo, 2010).....	17
2.4 Gaya <i>bolloard</i> dan jarak antara <i>bolloard</i>	19
2.5 Kualifikasi Tanah Untuk Perhitungan Gempa.....	20
2.6 Koefisien Situs Untuk Periode Gempa 1 Detik.	21
2.7 Koefisien Situs Untuk Gempa Periode Pendek.	21

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Beban mati masing-masing komponen struktur dermaga	29
4.2 Parameter gelombang	31
4.3 Perhitungan Beban Gelombang	33
4.4 Perhitungan Beban Arus Terhadap Tiang Pancang	35
4.5 Parameter yang diketahui untuk gaya <i>mooring</i> akibat angin	36
4.6 Parameter yang diketahui untuk gaya <i>mooring</i> akibat arus.....	36
4.7 Kecepatan kapal merapat.....	38
4.8 Kecepatan kapal merapat.....	39
4.9 Kalkulasi gaya <i>mooring</i> pada <i>bolloard</i>	40
4.10 Kombinasi pembebanan untuk dermaga internasional PT. TPS	43
4.11 <i>Steel design pile</i> OD 1117.6 mm untuk kondisi eksisting.....	45
4.12 <i>Axial Force pile</i> OD 1117.6 mm dermaga eksisting	45
4.13 <i>Ratio axial, moment</i> , dan total <i>pile</i> OD 1117.7 mm dermaga eksisting	45
4.14 <i>Steel design pile</i> OD 1117.6 mm untuk kondisi modifikasi	46
4.15 <i>Moment pile</i> OD 711.2 mm dermaga eksisting	46
4.16 <i>Axial Force pile</i> OD 711.2 mm dermaga eksisting.....	47
4.17 <i>Ratio axial, moment</i> , dan total <i>pile</i> OD 711.2 mm dermaga eksisting	47
4.18 <i>Steel design pile</i> OD 711.2 mm	47
4.19 Perbandingan nilai defleksi dengan defleksi ijin.....	49
4.20 <i>Moment pile</i> OD 1117.6 mm dermaga dengan rencana penambahan beban.....	50

4.21 <i>Axial force pile</i> OD 1117.6 mm Dermaga dengan rencana penambahan beban .	50
4.22 <i>Ratio axial, moment</i> , dan total pile OD 1117.6 mm Dermaga dengan rencana penambahan beban	50
4.23 <i>Steel design pile</i> OD 1117.6 mm	50
4.24 <i>Moment pile</i> OD 711.2 mm Dermaga dengan rencana penambahan beban.....	51
4.25 <i>Axial Force pile</i> OD 711.2 mm Dermaga dengan rencana penambahan beban..	51
4.26 <i>Ratio axial, moment</i> , dan total pile OD 711.2 mm Dermaga dengan rencana penambahan beban	51
4.27 <i>Steel design pile</i> OD 711.2 mm	52
4.28 Perbandingan nilai defleksi dengan defleksi ijin	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Prosentase peningkatan beban untuk masing-masing beban	57
5.2 Prosentase peningkatan beban berdasarkan <i>capacity ratio</i>	57

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	KONVERSI DATA ANGIN KE GELOMBANG
LAMPIRAN B	MENENTUKAN BEBAN GELOMBANG
LAMPIRAN C	WAVE PLOT SAP2000
LAMPIRAN D	SPESIFIKASI TIANG PANCANG YANG DIGUNAKAN
LAMPIRAN E	LOCATION OF PILE THICKNESS MEASUREMENT
LAMPIRAN F	DATA SEKUNDER SURVEY TANAH TELUK LAMONG

BAB I

PENDAHULUAN

1. 1. Latar Belakang

Pelabuhan merupakan suatu wilayah yang terdiri atas daratan, perairan dengan batas tertentu sebagai tempat untuk melakukan kegiatan pemerintah dan kegiatan ekonomi yang digunakan sebagai tempat untuk bersandar kapal, berlabuhnya kapal, naik atau turunnya penumpang dan bongkar muat barang yang dilengkapi fasilitas-fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang serta tempat perpindahan intra dan antar moda (PP Nomor 69 Tahun 2001). Pelabuhan biasanya memiliki alat-alat yang dirancang khusus untuk memuat dan membongkar muatan kapal yang berlabuh.

Berdasarkan peraturan pemerintah No. 61 Tahun 2009 Tentang kepelabuhan yang dimaksud dengan pelabuhan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan pengusahaan yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang, dan/atau bongkar muat barang, berupa terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra-dan antarmoda transportasi. Ada beberapa fungsi dari pelabuhan, salah satunya yaitu sebagai sarana bongkar muat barang atau dikenal dengan Terminal Petikemas. Salah satu terminal petikemas yang memiliki peran penting sebagai sarana bongkar muat barang yaitu salah satunya adalah PT. Terminal Petikemas Surabaya atau sering disebut PT. TPS.



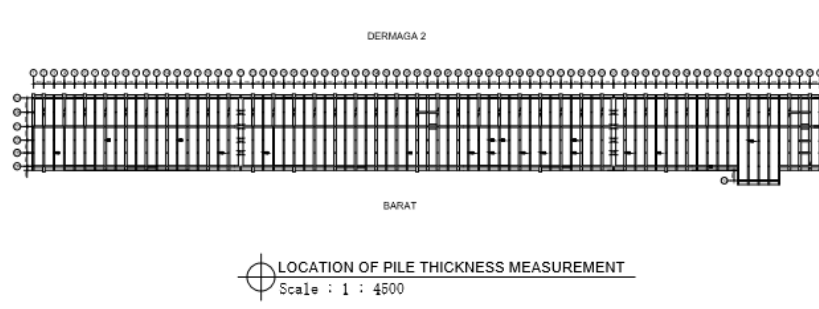
Gambar 1.1 Letak PT. TPS berdasarkan satelit *google maps*

PT. Terminal Petikemas Surabaya terletak di Pelabuhan III Tanjung Perak Surabaya. Secara geografis terletak pada koordinat 7;12;S, 112;40E, di bagian ujung alur pelayaran di antara pulau Jawa dan pulau Madura sepanjang 25 mil. PT TPS memiliki lokasi yang sangat strategis, karena berhubungan langsung dengan jalan Raya Tol Surabaya dan jalur Kereta Api sehingga menjadikan terminal petikemas ini menjadi terminal petikemas tersibuk nomor 2 di Indonesia setelah Tanjung Priok.

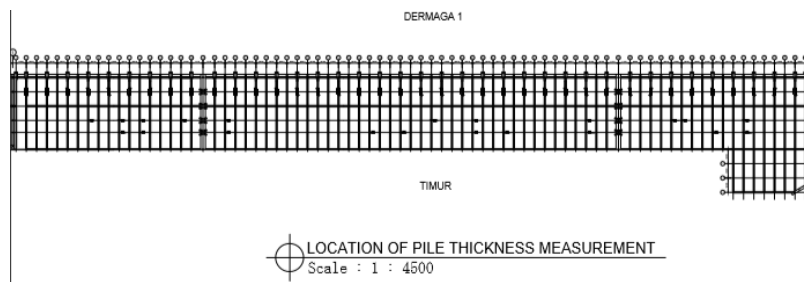
PT. Terminal Petikemas Surabaya memiliki fasilitas dermaga domestik sepanjang 600m dan dermaga internasional sepanjang 1000m. Dermaga merupakan salah satu fasilitas dalam pelabuhan yang sangat penting, yaitu untuk tempat bersandar kapal, dan juga aktifitas bongkar muat yang terjadi di atas dermaga. Dalam literatur lain dermaga merupakan bangunan struktur yang dirancang khusus pada suatu pelabuhan yang digunakan atau tempat kapal untuk merapat dan melakukan kegiatan bongkar muat barang dan penumpang kapal (Padli, 2014).

Berdasarkan jenisnya dermaga internasional PT. TPS merupakan dermaga tipe "*jetty*". *Jetty* adalah dermaga yang menjorok ke laut sedemikian sehingga sisi depannya berada pada kedalaman yang cukup untuk merapat kapal. *Jetty* biasa digunakan untuk merapat kapal tanker atau kapal pengangkut gas alam yang mempunyai ukuran yang sangat besar. (Triadmodjo, 2010)

Dari hasil survey sekunder yang telah dilakukan, ditemukan banyak tiang pancang yang telah mengalami korosi. Korosi yang terjadi pada tiang pancang akan mempengaruhi kekuatan tiang pancang tersebut. Selain itu PT TPS baru-baru ini menambah jumlah *crane* sebanyak 3 unit, sehingga total *crane* yang ada di dermaga internasional PT. TPS sebanyak 11 unit. Selain menambah jumlah *crane* PT TPS juga berencana menambah kapasitas pelayanan kapal hingga 60000 DWT.



Gambar 1.2 *Layout* tiang pancang dermaga Internasional (barat) di PT. TPS



Gambar 1.3 *Layout* tiang pancang dermaga Internasional (timur) di PT. TPS

Dengan padatnya aktifitas yang terjadi di dermaga internasional PT. TPS ditambah beberapa faktor yang telah diuraikan diatas, sehingga *reassessment* kekuatan tiang pancang dermaga intersional PT. TPS perlu dilakukan.

1. 2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah yang diambil dalam tugas akhir ini adalah :

1. Berapakah besar gaya aksial dan/atau momen (*capacity ratio*) yang terjadi pada tiang pancang akibat penambahan 3 *crane* dan penambahan kapasitas pelayanan kapal hingga 60000 DWT
2. Berapa besar defleksi yang terjadi pada tiang pancang akibat penambahabahan 3 *crane* dan penambahan kapasitas pelayanan kapal hingga 60000 DWT
3. Bagaimana kondisi tiang pancang apakah aman atau mengalami kegagalan struktur akibat penambahan kapasitas pelayanan kapal dan 3 *crane*.

1. 3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah :

1. Data properties struktur dermaga serta data hasil survey ketebalan pipa yang telah terkena korosi merupakan data sekunder dan faktor korosi diabaikan.
2. Pemodelan struktur dermaga untuk mengetahui kehandalan struktur dermaga dilakukan dengan bantuan *software SAP2000*
3. Dasar teori analisis berdasarkan sumber yang jelas (Jurnal nasional, buku, maupun paper tugas akhir)
4. Analisis daya dukung tanah pada pondasi tiang pancang diabaikan
5. Arah angin dan gelombang dianggap *state*.

1. 4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui besar besar gaya aksial dan/atau momen (*capacity ratio*) yang terjadi pada tiang pancang akibat penambahan 3 *crane* dan penambahan kapasitas pelayanan kapal hingga 60000 DWT
2. Mengetahui besar *defleksi* yang terjadi pada tiang pancang akibat penambahan 3 *crane* dan penambahan kapasitas pelayanan kapal hingga 60000 DWT
3. Mengetahui apakah tiang pancang dermaga internasional PT. Terminal Petikemas Surabaya setelah dilakukan pengembangan seperti penambahan kapasitas pelayanan kapal dan 3 *crane*.

1. 5. Manfaat Penelitian

Akibat banyaknya aktifitas bongkar muat yang ada di dermaga Internasional PT. Terminal Petikemas Surabaya serta pengembangan sarana dan prasarana pelayanan membuat analisa *reassessment* dermaga perlu dilakukan untuk mengetahui kekuatan struktur yang ada dan juga diharapkan penelitian ini dapat menjadi acuan untuk perbaikan struktur dermaga apabila memang diperlukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai *reassessment* kekuatan tiang pancang sangat jarang ditemui. Kebanyakan dari jurnal maupun tugas akhir menganalisis kekuatan daya dukung pondasi tiang pancang. Selama proses studi literatur sebagian besar jurnal dan tugas akhir yang penulis temukan hanya menganalisis kekuatan daya dukung pondasi tiang pancang dan juga perancangan struktur tiang pancang. Sedangkan untuk proses *reassessment* maupun analisis kekuatan tiang pancang masih jarang ditemukan. Dari beberapa jurnal yang mungkin berkaitan dengan judul tugas akhir yang penulis ajukan, salah satunya yaitu tugas akhir yang berjudul analisa kekuatan sisa tiang pancang *berthing dolphin* yang mengalami korosi (Kukuh, 2010).

Pada penelitiannya Hami kukuh mencoba menganalisa tiang pancang yang menalami korosi dengan melakukan perhitungan perhitungan analisa *ultimate strength* atau *pushover analysis*. Analisa tersebut dilakukan untuk mengetahui besarnya kapasitas struktur untuk menerima beban maksimal. Penelitian lain yang mungkin relevan dengan judul tugas akhir yang penulis ajukan yaitu analisis struktur dermaga eksisting (mochammad, 2008).

Sedangkan untuk jurnal nasional yang membahas mengenai analisis daya dukung pondasi tiang pancang maupun perencanaan tiang pancang pelabuhan cukup banyak ditemui. Yaitu “Perencanaan Detail Pembangunan Dermaga Pelabuhan Petikemas Tanjungwangi” (Habiby, 2013). Selain itu ada juga jurnal tugas akhir, yaitu analisa konfigurasi jumlah tiang pancang miring terhadap kekuatan struktur *breating dolphin* (Pradana, 2016).

Dalam proses studi literatur penulis tidak hanya memanfaatkan jurnal tugas akhir yang relevan sebagai *referensi* penelitian yang penulis ajukan, melainkan juga *referensi* dari buku perancangan pelabuhan dan juga buku teknik pantai karangan Bambang Triadmodjo dan juga *referensi* lain yang menunjang dalam penulisan tugas akhir yang penulis lakukan.

Fungsi dari terminal petikemas yang begitu penting serta aktifitas bongkar muat ataupun aktifitas lain yang terjadi di dermaga petikemas membuat analisa *reassessment* tiang pancang dermaga sangatlah penting karna penurunan kualitas tiang pancang akibat umur tiang pancang maupun elemen lain, akan berdampak pada pengurangan kekuatan dari tiang pancang tersebut.

Dalam penelitian mengenai “*Reassessment* Tiang Pancang Dermaga Internasional PT. Terminal Petikemas Surabaya” penulis menggunakan bantuan *software* SAP 2000 untuk menunjang penelitian yang penulis lakukan.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Tiang Pancang

Tiang pancang merupakan sebuah elemen struktur yang ditancapkan ke tanah yang berfungsi untuk menyangga struktur di atasnya. Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan kekuatan tiang pancang yaitu :

1. Beban Horizontal

Beban horizontal adalah beban yang mempengaruhi struktur akibat pengaruh lingkungan dan lain-lain, yang bekerja searah sumbu x. Contoh beban horizontal yang terjadi pada tiang pancang yaitu : Beban akibat angin, arus, gempa, gelombang dan lain-lain

2. Beban Vertikal

Beban vertikal merupakan beban yang mempengaruhi struktur yang bekerja searah sumbu y. Contoh beban vertikal yang terjadi pada tiang pancang yaitu : beban akibat crane, beban hidup (manusia, atau benda yang bergerak seperti truck yang berjalan)



Gambar 2.1 Contoh Tiang Pancang

2.2.2. Data Angin

Untuk melakukan analisis *reassessment* kekuatan tiang pancang dilakukan penentuan faktor apa saja yang mempengaruhi dalam analisis tersebut, salah satunya adalah angin. Angin merupakan salah satu faktor pembangkit gelombang. Dari data angin yang diperoleh maka dapat digunakan untuk menentukan tinggi gelombang, kecepatan, dan panjang gelombang.

2.2.2.1. Gaya *Mooring* Akibat Angin

Pada saat kapal menambat didermaga, angin yang berhembus akan menyebabkan gerakan pada kapal dan bisa menimbulkan gaya pada dermaga. Pada saat angin berhembus menuju dermaga maka akan menyebabkan dorongan pada kapal sehingga terjadi benturan pada dermaga, sebaliknya jika arah angin menjauhi pelabuhan akan menyebabkan dorongan pada kapal menjauhi dermaga sehingga menyebabkan gaya tarik pada dermaga akibat tarikan kapal yang menambat pada alat penambat yang ada di dermaga.

Besar gaya angin tergantung pada arah dan kecepatan angin berhembus, dan dapat dihitung dengan rumus berikut : (Triadmodjo, 2010)

- a. Gaya longitudinal apabila angin datang dari arah haluan ($\alpha = 0^\circ$)

$$R_w = 0,42Q_u A_w \dots\dots\dots (2.1)$$

- b. Gaya longitudinal angin datang dari arah buritan ($\alpha = 180^\circ$)

$$R_w = 0,5Q_u A_w \dots\dots\dots (2.2)$$

- c. Gaya lateral apabila angin datang dari arah lebar ($\alpha = 90^\circ$)

$$R_w = 1,1Q_u A_w \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

$$P_a = 0,063V^2 \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan :

R_w : gaya akibat angin (kg)

P_a : tekanan angin (kg/m²)

V : kecepatan angin (m/d)

A_w : proyeksi bidang yang tertiuip angin (m²)

2.2.2.2. Gaya Mooring Akibat Arus

Pada dasarnya efek gaya yang terjadi akibat adanya gaya arus sama dengan gaya angin. Arus yang bekerja pada bagian kapal yang terendam, akan mengakibatkan terjadinya gaya kapal yang kemudian akan berakibat pada alat penambat dan dermaga. Besar gaya yang ditimbulkan oleh persamaan berikut ini adalah: (Triadmodjo, 2010)

$$R_a = C_c \gamma_w A_c \left(\frac{V_c^2}{2g} \right) \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan :

- R : gaya akibat arus (kgf)
- A_c : luas tampang kapal yang terendam air (m^2)
- γ_w : rapat massa air laut ($1025 \text{ kg}/m^3$)
- V_c : kecepatan arus (m/d)
- C_c : koefisien tekanan arus

Nilai C_c adalah faktor untuk menghitung gaya lateral dan memanjang. Nilai C_c tergantung pada bentuk kapal dan kedalaman air di depan tambatan, yang nilainya diberikan berikut ini.

Faktor untuk menghitung gaya arus melintang :

- a. Di air dalam, nilai $C_c = 1,0 - 1,5$
- b. Kedalaman air/draft kapal = 2, nilai $C_c = 2,0$
- c. Kedalaman air/draft kapal = 1,5, nilai $C_c = 3,0$
- d. Kedalaman air/draft kapal = 1,1, nilai $C_c = 5,0$
- e. Kedalaman air/draft kapal = 1, nilai $C_c = 6,0$

Faktor untuk menghitung gaya arus memanjang (longitudinal) bervariasi dari 0,2 untuk laut dalam dan 0,6 untuk perbandingan antara kedalaman air dan draft kapal mendekati

2.2.2.3. Konversi data angin ke gelombang

Dari data angin diolah untuk mendapatkan arah dan kecepatan angin. Kemudian dari data angin dikonversi untuk menjadi data tinggi gelombang dengan

menentukan *fetch* efektifnya serta menggunakan persamaan peramalan tinggi gelombang berdasarkan kecepatan angin (Triadmodjo, 2010).

Dalam melakukan konversi data angin, asumsikan gelombang terbentuk dengan jarak *fetch* tertentu. Dari data angin kemudian diubah menjadi *wind rose* untuk mengetahui arah dan kecepatan yang terjadi. Kemudian hitung *fetch* efektif dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i} \dots \dots \dots (2.6)$$

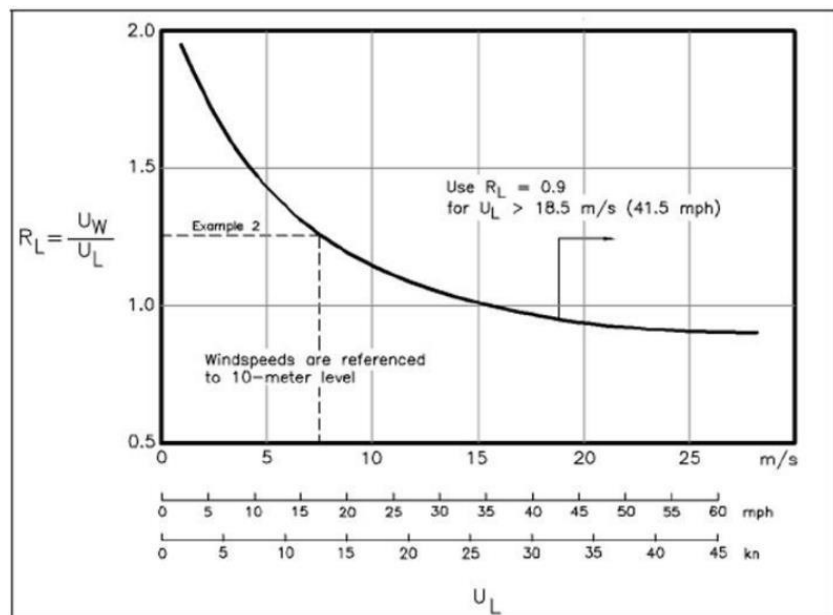
Dengan

F_{eff} = *fetch* efektif

X_i = panjang garis *fetch* (Km)

α = deviasi pada kedua sisi arah angin, dengan menggunakan pertambahan 60 sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari arah angin.

Kemudian dengan menggunakan grafik hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat, akan di dapatkan nilai U_w angin berikut:



Gambar 2.2 Grafik hubungan kecepatan angin di laut dan di darat (SPM 2002)

dengan:

RL = koreksi terhadap pencatan angin yang dilakukan di darat

UW = kecepatan angin di ukur di darat dekat laut

UL = kecepatan angin di ukur di darat

Dalam peramalan gelombang aka kecepatan angin terebut harus diubah kedalam *Wind Stress Faktor*, UA, dengan menggunakan formulasi pada persamaan berikut ini :

$$U_A = 0,71 \cdot U^{1,23} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan:

U = kecepatan angin (m/second)

UA = *wind stress* faktor

Tinggi gelombang signifikan (HS), periode signifikan (TS) didapatkan dengan cara memasukkan nilai *wind stress faktor*, UA, panjang *fetch efektif* (F_{eff}) pada grafik SPM (*Shore Protection Manual*) atau dengan memasukkan nilai-nilai tersebut kedalam formulasi persamaan *forecasting* gelombang laut dalam berikut ini yang merupakan formulasi pendekatan dari grafik menurut SPM, 1984 vol. 1 sebagai berikut.

$$H_s = 5.112 \times 10^{-4} U_A F^{1/2} \dots\dots\dots (2.8)$$

$$T_0 = 6.238 \times 10^{-2} \times (U_A \times F)^{0.33} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$t = 3.2115 \times \left(\frac{F^2}{U_A} \right)^{1/3} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$H_s = 1.42 \times H_{rms} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N H_i^2} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$H_{avg} = \sum \frac{H_0}{N} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$T_{avg} = \sum \frac{T_0}{N} \dots\dots\dots (2.14)$$

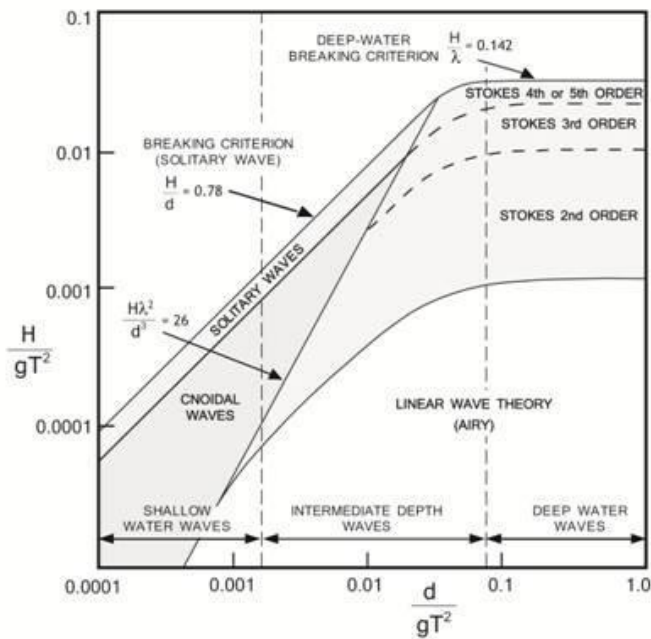
Dengan :

- H_0 = tinggi gelombang laut dalam (m)
- T_0 = periode gelombang laut dalam (s)
- T = durasi gelombang (s)
- UA = faktor tegangan angin
- RL = hubungan UL dan UW (kecepatan angin di darat dan dilaut)
- H_{rms} = *H root mean square* (m)
- H_s = tinggi gelombang signifikan (m)
- H_{avg} = tinggi gelombang laut dalam rata-rata (m)
- T_{avg} = periode gelombang laut dalam rata-rata (s)

2.2.3. Teori Gelombang

Ada beberapa faktor yang menyebabkan terbentuknya gelombang, yaitu antara lain seperti tiupan angin pada permukaan laut, pasang surutnya air laut, dan gaya tarik benda langit seperti matahari dan bulan terhadap bumi.

Pada umumnya bentuk gelombang di alam sangat kompleks sulit digambarkan secara matematis. Ada beberapa teori gelombang yang telah ada saat ini, namun teori yang ada merupakan penggambaran bentuk gelombang secara sederhana dan hanya merupakan pendekatan dari gelombang di alam, teori gelombang tersebut antara lain gelombang *airy*, gelombang *stokes*, *mich* dan *knoidal*. Berikut ini merupakan cara untuk menentukan teori gelombang dengan menggunakan hubungan H/gT^2 dan d/gT^2 pada grafik *Region of Validity of Wave Theories* (SPM, 1984).



Gambar 2.3. Penentuan teori gelombang menggunakan grafik *Region of Validity of Wave Theories* (SPM, 1984)

Pada tugas akhir ini setelah dilakukan perhitungan diketahui bahwa gelombang yang ada di laut sekitar dermaga internasional PT. Terminal Petikemas Surabaya adalah *stokes* orde-2. Pada tahun 1847, *stokes* mengembangkan teori gelombang orde 2 untuk gelombang amplitude berhingga. Keakuran dari teori ini berkurang seiring dengan bertambahnya kecuraman gelombang sampai terjadinya gelombang pecah. (Suprayogo, Suprijo. 2010)

Teori gelombang *stokes* orde 2 diturunkan berdasarkan persamaan Laplace untuk aliran tak beraturan (*irrotational flow*) dengan kondisi batas di dasar laut dan dipermukaan laut. (Pradana, 2016)

Kecepatan *stokes* orde 2, diberikan sebagai berikut. (Djarmiko, 2014)

$$u = \left(\frac{\pi H}{T} \right) \frac{\cosh k(d+y)}{\sinh kd} \cos(kx - \sigma t) + \frac{3}{4} \left(\frac{\pi H}{L} \right)^2 C \frac{\cosh 2k(d+y)}{(\sinh kd)^4} \cosh 2(kx - \sigma t) \quad (2.15)$$

Percepatan *stokes* orde 2, diberikan sebagai berikut: (Djarmiko, 2014)

$$\frac{\delta u}{\delta t} = \sigma \left(\frac{\pi H}{T} \right) \frac{\cosh k(d+y)}{\sinh kd} \sin(kx - \sigma t) + \sigma \frac{3}{4} \left(\frac{\pi H}{L} \right)^2 C \frac{\cosh 2k(d+y)}{(\sinh kd)^4} \sin 2(kx - \sigma t)$$

.....(2.16)

a. Cepat rambat dan panjang gelombang

Cepat rambat (C) dan panjang gelombang (L) diberikan oleh persamaan berikut ini. (Triadmodjo, 2010)

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} = \frac{gT}{2\pi} \tanh kd \dots\dots\dots(2.17)$$

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh kd \dots\dots\dots(2.18)$$

Dengan $k = 2\pi/L$

Jika kedalaman air dan periode gelombang diketahui, maka dengan cara iterasi akan didapat panjang gelombang L .

b. Klasifikasi gelombang menurut kedalaman relatif

Perbandingan antara kedalaman air d dan panjang gelombang L merupakan kedalaman relatif (d/L), gelombang dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam yaitu : (Triadmodjo, 2010)

1. Gelombang di laut dangkal $d/L < 1/20$
2. Gelombang di laut transisi jika $1/20 < d/L < 1/2$
3. Gelombang di laut dalam jika $d/L > 1/2$

2.2.3.1. Beban Gelombang

Syarat pemilihan teori untuk perhitungan gaya gelombang didasarkan pada perbandingan antara diameter struktur (D) dengan panjang gelombang (λ) sebagai berikut:

$D/\lambda > 1$: Gelombang mendekati pemantulan murni, persamaan Morison tidak valid.

$D/\lambda > 0.2$: Difraksi gelombang perlu diperhitungkan, persamaan Morison tidak valid.

$D/\lambda < 0.2$: Persamaan Morison valid.

Menurut Indiyono (2004), persamaan Morison mengasumsikan bahwa gelombang terdiri dari komponen gaya inersia dan *drag* (hambatan) yang dijumlahkan secara linier. Persamaan dalam perhitungan gaya gelombang pada tiang vertikal dengan kondisi gelombang tidak pecah (*non-breaking waves*) dinyatakan sebagai berikut: (Triadmodjo, 2010)

$$F = F_d + F_i \dots\dots\dots (2.19)$$

$$F_{drag} = \frac{1}{2} \rho C_D \delta z D |u|u \dots\dots\dots (2.20)$$

$$F_{inersia} = \frac{1}{4} \rho C_I \pi D \frac{\delta u}{\delta t} \dots\dots\dots (2.21)$$

dengan:

F : Gaya horizontal (tonf)

ρ_0 : Berat jenis air laut (ton/m³)

D : Diameter tiang pancang (m)

U : Kecepatan partikel air (m/s)

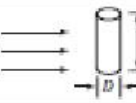
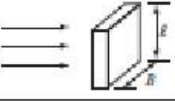

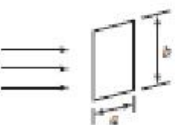

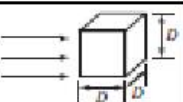
C_i : Koefisien inersia.

C_d : Koefisien drag (Cd = 1.0 untul *pile*).


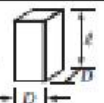
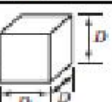


A : Luas selimut tiang yang terekspos gelombang (m²)

Koefisien gesek dan koefisien inersia yang digunakan untuk tiang sesuai dengan *Technical standards for Port and Harbour Facilities in Japan* (OCDI, 2002) adalah sebagai berikut.

Tabel 2.1 Koefisien *Drag*

Shape	Projected area	Drag coefficient
Circular cylinder (rough surface) 	$D \ell$	$1.0 (\ell > D)$
Rectangular prism 	$B \ell$	$2.0 (\ell > B)$
Circular disc 	$\frac{\pi}{4} D^2$	1.2
Flat plate 	$a b$	$a/b = 1 \rightarrow 1.12$ $a/b = 2 \rightarrow 1.15$ $a/b = 4 \rightarrow 1.19$ $a/b = 10 \rightarrow 1.29$ $a/b = 18 \rightarrow 1.40$ $a/b = \infty \rightarrow 2.01$
Sphere 	$\frac{\pi}{4} D^2$	0.5~0.2
Cube 	D^2	1.3~1.6

Tabel 2.2 Koefisien Inersia

Shape	Reference volume	Inertia coefficient
Circular cylinder 	$\frac{\pi}{4} D^2 \ell$	$2.0 (\ell > D)$
Square-based prism 	$D^2 \ell$	$2.19 (\ell > D)$
Cube 	D^3	1.67
Sphere 	$\frac{\pi D^3}{6}$	1.5
Flat plate 	$\frac{\pi}{4} D^2 \ell$	$D/\ell = 1 \rightarrow 0.61$ $D/\ell = 2 \rightarrow 0.85$ $D/\ell = \infty \rightarrow 1.0$

2.2.4. Gaya Sandar (*berthing forces*)

Pada saat kapal akan merapat ke dermaga kapal masih mempunyai kecepatan sehingga terjadi benturan antara kapal dan dermaga. Gaya yang di timbulkan oleh benturan tersebut disebut gaya sandar atau *berthing forces*. Dalam analisis ini, perhitungan gaya sandar sangat diperlukan, karna pada saat kapal bersandar terjadi benturan antara kapal dengan fender. Energi yang diterima akibat benturan dari kapal secara otomatis disalurkan ke tiang pancang yang menahan dermaga. Maka dari itu perhitungan gaya sandar perlu dilakukan untuk mengetahui besar energi yang diterima oleh tiang pancang. Benturan maksimum yang terjadi apabila kapal bermuatan penuh dan menghantam dermaga pada sudut 10° terhadap sisi dermaga. Besar energi benturan diberikan oleh rumus berikut ini : (Triadmodjo, 2010)

$$E = \frac{W.V^2}{2g} \cdot C_m \cdot C_e \cdot C_s \cdot C_c \dots\dots\dots (2.22)$$

Ket:

E = Energi *berthing* (ton meter)

V = Komponen tegak lurus sisi dermaga dari kecepatan kapal saat membentur dermaga (m/d)

g = percepatan gravitasi (m/d²)

C_e = Koefisien eksentrisitas

C_m = Koefisien massa

C_e = koefisien eksentrisitas

C_s = Koefisien kekerasan (nilai standar 1)

C_c = Koefisien bentuk dari tambatan (nilai standar 1)

Koefisien massa tergantung pada gerakan air disekeliling kapal, yang dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$C_m = 1 + \frac{\pi}{2C_b} \chi \frac{d}{B} \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana :

$$C_b = \frac{W}{L_{pp} B d \gamma_0} \dots\dots\dots (2.24)$$

Tabel 2.3 Kecepatan merapat kapal pada dermaga (Triadmodjo, 2010)

Ukuran Kapal (DWT)	Kecepatan Merapat	
	Pelabuhan (m/s)	Laut terbuka (m/s)
Sampai 500	0.25	0.30
500 – 10.000	0.15	0.20
10.000 – 30.000	0.15	0.15
Diatas 30.000	0.12	0.15

Dengan:

C_b : koefisien blok kapal

d : draft kapal (m)

B : lebar kapal (m)

L_{pp} : panjang garis air (m)

γ_0 : berat jenis air laut (t/m^3)

koefisien eksentris adalah perbandingan antara energi sisa dan energi kinetik kapal yang merapat, dan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut : (Triadmodjo, 2010)

$$C_e = \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} \dots\dots\dots (2.25)$$

Dengan:

l : jarak sepanjang permukaan air dermaga dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal

r : jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal pada permukaan air, dan diberikan oleh Gambar 6.30

panjang garis air (L_{pp}) dapat dihitung dengan rumus di bawah ini.

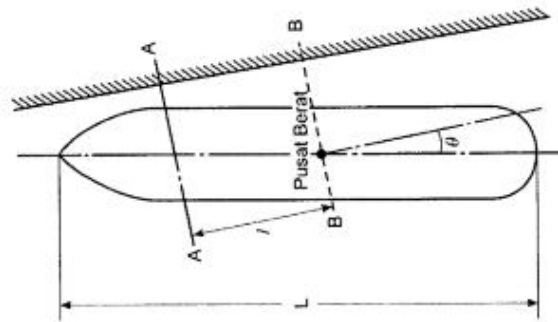
$$\text{Kapal barang : } L_{pp} = 0,846L_{oa}^{1,0193} \dots\dots\dots (2.26)$$

$$\text{Kapal tangker: } L_{pp} = 0,852L_{oa}^{1,0201} \dots\dots\dots (2.27)$$

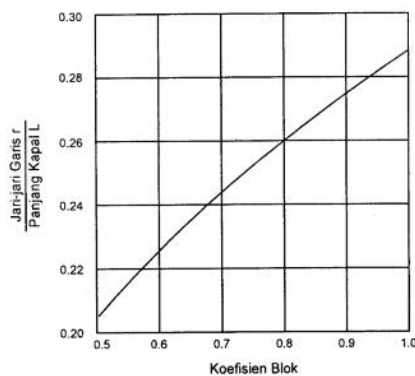
Titik kontak pertama antara kapal dan dermaga adalah suatu titik dari $\frac{1}{4}$ panjang kapal pada dermaga dan $\frac{1}{3}$ panjang kapal pada *dolphin*, dengan nilai l adalah :

$$\text{Dermaga: } l = \frac{1}{4} L_{oa} \dots\dots\dots (2.28)$$

$$\text{Dolphin: } l = \frac{1}{6} L_{oa} \dots\dots\dots (2.29)$$



Gambar 2.4 Jarak pusat berat kapal sampai titik sandar kapal



Gambar 2.5 Jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal

2.2.5. Gaya pada *bolloard*

Kapal yang merapat pada dermaga akan ditambatkan ke *bolloard*. Penambatan pada *bolloard* ini bertujuan untuk mencegah terjadinya pergerakan kapal seperti tarikan, dalam artian *bolloard* yang ada di dermaga harus mampu menahan gaya tarikan kapal yang disebabkan oleh gaya lingkungan yang terjadi. Dimensi *bolloard* dan pengangkerannya pada dermaga harus direncanakan

sedemikian sehingga mampu menahan gaya. **Tabel 2.4** memberikan gaya rencana *bolloard* dan perkiraan jarak antara *bolloard*.

Tabel 2.4 Gaya pada *bolloard*

<i>Gross Tonnage</i>	Gaya Tarik pada <i>Bolloard</i> (Ton)
100 – 500	15
501 – 1000	25
1001 – 3000	35
3001 – 5000	50
5001 – 10000	70
10001 – 20000	100
20001 – 50000	150
50001 – 100000	200

Sumber : Port Design, Carl A. Thoresen

Untuk menentukan beban pada *bolloard* diberikan persamaan sebagai berikut :

$$\text{sumbu } X = \text{Beban tarik} \times \cos(\alpha \times 180) \dots\dots\dots (2.30)$$

$$\text{sumbu } Y = \text{Beban tarik} \times \sin(\alpha \times 180) \dots\dots\dots (2.31)$$

2.2.6. Beban Gempa

Beban gempa dihitung berdasarkan Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung, Departemen Pekerjaan Umum, 1981. Pendekatan yang dilakukan merupakan analisis beban statik ekuivalen. Gaya gempa struktur dermaga dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$V = C_s \cdot W_t \dots\dots\dots (2.32)$$

dengan:

V = Beban (gaya) geser dasar nominal.

C_s = Koefisien respons seismik.

W_t = Berat total struktur.

Untuk nilai dari koefisien respons seismik dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$C_s = SD / (R/I) \dots\dots\dots (2.33)$$

dengan:

SD = Parameter percepatan respons spektrum desain pada periode 1 detik.

I = Faktor keutamaan struktur dengan nilai 1 (bangunan kategori resiko I).

R = Faktor reduksi gempa untuk kolom kantilever penahan momen. (2.2 untuk tiang baja dan tiang beton sesuai dengan SNI 03-1726- 2012).

T0 = Periode natural fundamental ($0.2 \times SD1/SDS$).

Sedangkan untuk menentukan nilai dari SD1 dan SDS dikalkulasi menggunakan persamaan berikut ini:

$$SD1 = 2/3 (F_v \times S1) \dots\dots\dots (2.34)$$

$$SDs = 2/3 (F_a \times Ss) \dots\dots\dots (2.35)$$

dengan:

Fv = Faktor situs untuk periode gempa 1 detik (periode panjang).

Fa = Faktor situs untuk periode gempa > 1 detik (periode pendek).

S1 = Parameter respons spektral percepatan gempa periode 1 detik.

Ss = Parameter respons spektral percepatan gempa periode pendek.

SDS = Parameter percepatan respons spektrum desain pada periode pendek.

Tabel 2.5 Kualifikasi Tanah Untuk Perhitungan Gempa

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{sk}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175 < 15 < 50 Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

(Sumber: SNI 03-1726-2012)

Pada tabel 2.5 diatas berdasarkan SNI 03- 1726 (2012) merupakan kualifikasi jenis tanah yang digunakan untuk menghitung faktor situs untuk menentukan spektrum seismik. Dengan mengacu pada nilai S_1 maka dapat diketahui jenis tanah untuk dipergunakan dalam tabel berikut sesuai dengan wilayah gempa.

Tabel 2.6 Koefisien Situs Untuk Periode Gempa 1 Detik

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada periode 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

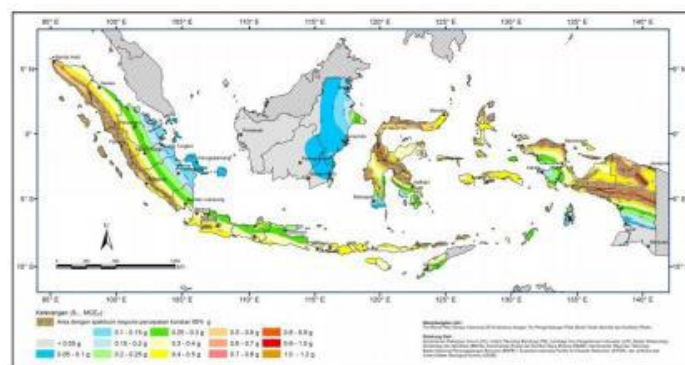
(Sumber: SNI 03-1726-2012)

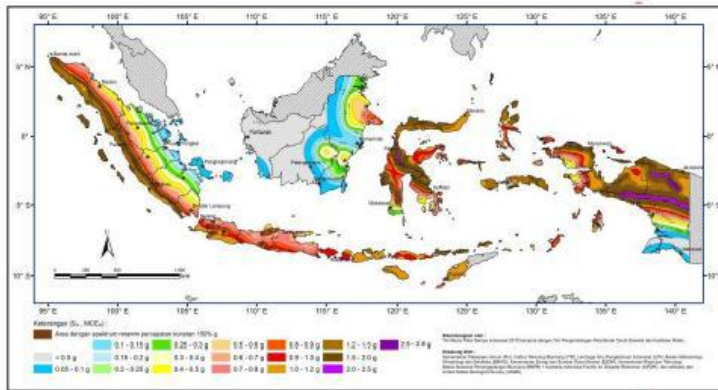
Tabel 2.7 Koefisien Situs Untuk Gempa Periode Pendek

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

(Sumber: SNI 03-1726-2012)

Untuk mengetahui nilai koefisien respons percepatan spektral gempa dalam periode waktu 1 detik (S_1) dan gempa dalam periode pendek (S_s), dapat dilihat dari peta persebarannya berikut ini:





Gambar 2.7 Peta Persebaran Nilai S_s Di Indonesia

(Sumber: SNI 03-1726-2012)

2.2.7. *Software SAP 2000*

SAP 2000 merupakan salah satu program *engineering* yang cukup populer saat ini. Prinsip utama program ini adalah pemodelan struktur, eksekusi analisis dan pemeriksaan atau optimasi desain yang semuanya dilakukan satu langkah atau satu tampilan (Renaldi, 2014). *Software* ini juga digunakan dalam penelitian tugas akhir yang dilakukan oleh penulis

2.2.8. *Capacity Ratio*

Berdasarkan *codes* BS 5950-2000, *capacity ratio* adalah perhitungan gaya aksial/momen *capacity ratio*, untuk setiap bagian sepanjang member, gaya/momen yang sebenarnya terjadi pada member dihitung berdasarkan beban kombinasi. *Capacity ratio* dihitung di setiap *station* pada member dibawah pengaruh tiap-tiap beban kombinasi. Kontrol tekanan dan tegangan kapasitas rasio kemudian diperoleh, bersama dengan *station* dan kombinasi beban terkait. Nilai kapasitas rasio yang melebihi dari 1 berarti melebihi batas yang ditentukan.

2.2.8.1. *Axial and Bending Stress*

Rasio interaksi ditentukan berdasarkan rasio $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 2$. Jika P_u adalah tarik,

P_n adalah nominal daya tarik aksial dan $\phi = \phi_t = 0,9$, dan jika P_u adalah tekan, P_n adalah nominal daya tekan aksial, dan $\phi = \phi_c = 0,85$. Faktor resisten untuk *bending*, $\phi_b = 0,9$.

Untuk $\frac{P_u}{\phi P_n} \geq 2$, *capacity ratio* adalah :

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{u33}}{\phi_b M_{n33}} + \frac{M_{u22}}{\phi_b M_{n22}} \right) \dots\dots\dots (2.36)$$

Untuk $\frac{P_u}{\phi P_n} < 2$, *capacity ratio* adalah :

$$\frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{u33}}{\phi_b M_{n33}} + \frac{M_{u22}}{\phi_b M_{n22}} \right) \dots\dots\dots (2.37)$$

2.2.8.2. *Shear Stress*

Sama dengan tegangan normal, dari nilai gaya geser yang diperhitungkan dan nilai kekuatan geser nominal pada masing-masing station setiap kombinasi beban, *shear capacity ratio* untuk arah major dan minor dihitung sebagai berikut:

$$\frac{V_{u2}}{\phi_v V_{n2}} \text{ dan, } \dots\dots\dots (2.38)$$

$$\frac{V_{u3}}{\phi_v V_{n3}}, \text{ dimana } \phi_v = 0,9. \dots\dots\dots (2.39)$$

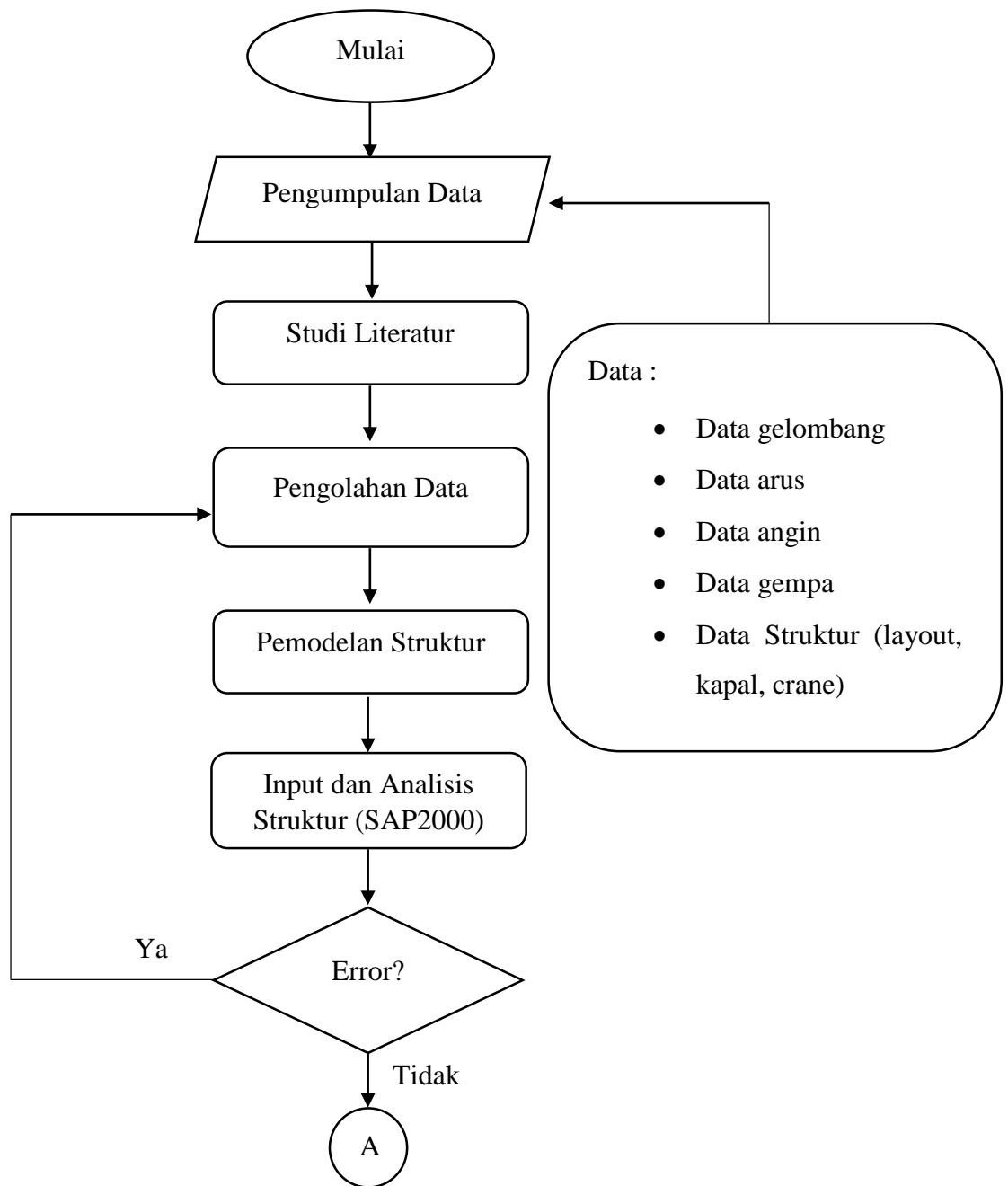
(halaman ini sengaja dikosongkan)

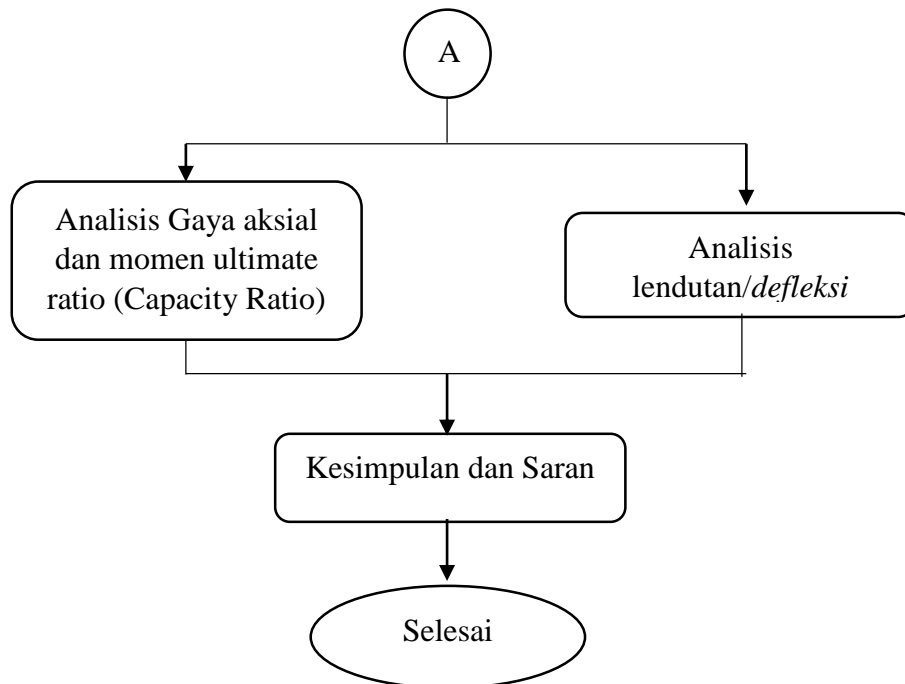
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Dalam tugas akhir ini diperlukan diagram alir pengerjaan untuk mempermudah evaluasi perkembangan. Secara garis besar, pengerjaan tugas akhir ini dapat dijelaskan dalam diagram alir berikut:





Gambar 3.1. Diagram alir penelitian Tugas Akhir

3.2. Prosedur Penelitian

Diagram alir gambar 6. menggambarkan mengenai tahap-tahap pengerjaan pada tugas akhir ini. Adapun uraian diagram alir dijelaskan seperti di bawah ini:

1. Pengumpulan Data

Pada tahap ini, penulis menggunakan data sekunder yang didapatkan dari hasil penelitian atau pengukuran yang dilakukan oleh pihak lain. Data-data tersebut meliputi:

- Data gelombang
- Data arus
- Data angin
- Data gempa
- Data Struktur (*layout*, kapal, *crane*)

2. Studi Literatur

Pada tahap ini, penulis melakukan studi literatur dari paper tugas akhir dan buku untuk lebih memahami analisa struktur dermaga. Dalam hal ini analisa dilakukan mulai dari menentukan jenis dermaga yang ada di PT. TPS, sampai faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya penurunan kekuatan struktur dermaga dan juga rencana pengembangan pelabuhan sehingga berdampak pada desain analisis struktur. Dalam hal ini permasalahan perlu dipahami guna menemukan solusi dari permasalahan tersebut, sehingga hasil analisa yang penulis lakukan dapat digunakan sebagai acuan dalam perbaikan fasilitas yang ada di PT. TPS.

3. Pengolahan Data

Dari data yang diperoleh dan berdasarkan referensi dari paper ataupun buku terkait perancangan dermaga, data-data diolah sedemikian rupa untuk menentukan beban operasi dan beban lingkungan sehingga didapat nilai-nilai yang kemudian pada tahap selanjutnya di-*input* kedalam *software* SAP 2000.

4. Pemodelan Struktur dermaga.

Pada tahap ini, penulis menentukan atau mengelompokkan bagian dermaga untuk yang kemudian nantinya di analisis menggunakan SAP 2000.

5. Analisa Struktur menggunakan SAP 2000

Setelah data dan nilai beban diperoleh kemudian di-*input* kan kedalam *software* SAP 2000. Kemudian lakukan pemodelan 3D dengan SAP 2000 sehingga dapat dianalisa kekuatan strukturnya.

6. Analisa tegangan dan *defleksi*

Setelah dilakukan penambahan beban dengan jumlah *crane* sebanyak 11 unit dan beban akibat penambahan kapasitas pelayanan kapal hingga sebesar 60000 DWT, kemudian analisis dilakukan untuk mengetahui kekuatan tiang pancang tersebut.

7. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil analisa dan pengecekan tersebut maka didapat kesimpulan dari penelitian yang dilakukan penulis terhadap dermaga Internasional PT. Terminal Petikemas Surabaya sehingga nantinya hasil dari penelitian ini berguna untuk pengembangan fasilitas PT. TPS.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Beban Mati

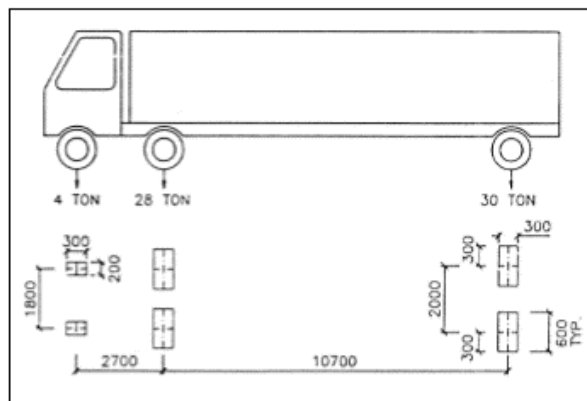
Beban Mati adalah beban dari struktur itu sendiri. Pada tugas akhir ini untuk mengetahui besar dari beban mati struktur tersebut dengan mengetahui masing-masing komponen struktur yang menjadi bagian dari beban mati tersebut, meliputi balok melintang, balok memanjang, berat plat, berat *bolloard*, dan berat tiang pancang tersebut. Pada Tabel 4.1 menunjukkan berat mati dari masing-masing komponen struktur.

Tabel 4.1 Beban mati masing-masing komponen struktur dermaga

Jenis Beban	Berat (Tonf)
Beban Melintang	2338.711
Beban Membujur	150516.919
Plat	19644.894
Berat Tiang Pancang	6923.886
Berat Struktur per-Titik	193.934

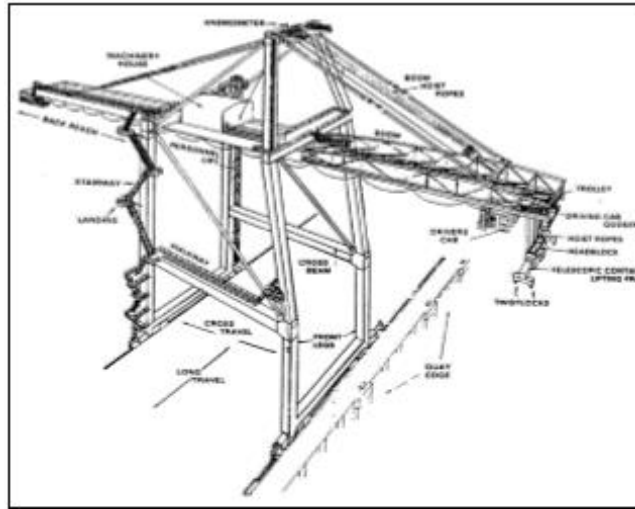
4.2. Beban Hidup

Beban hidup yang membebani dermaga internasional PT. TPS adalah beban truk. Beban truk pada SAP 2000 dianggap dengan beban berjalan.



Gambar 4.1 Konfigurasi roda dan beban truk *container*

4.3. Perhitungan beban *crane*



Gambar 4.2 Sketsa ilustrasi *crane* yang digunakan

Container crane memiliki 4 kaki dengan masing-masing kaki memiliki roda sebanyak 8 roda, sehingga beban container crane ditumpu oleh masing-masing roda pada setiap kaki-kaki crane.

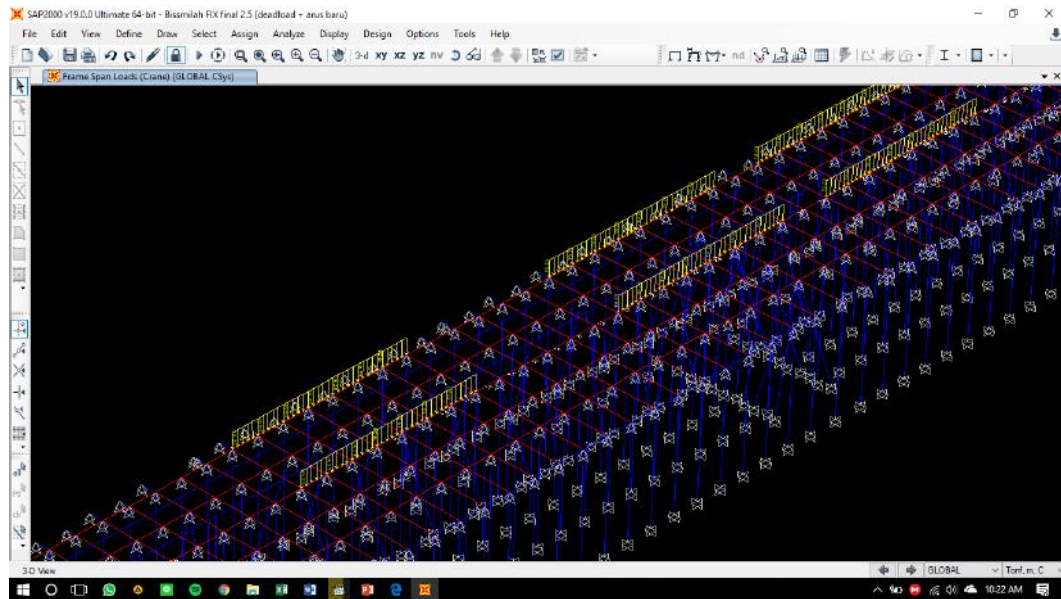
$$\begin{aligned}\text{Container Crane (CC)} &= 840 \text{ ton} \\ &= 840/2 \\ &= 420 \text{ ton (untuk setiap sisi kaki pada rel)}\end{aligned}$$

Sehingga untuk mendapatkan beban pada masing-masing roda pada tiang pancang, diberikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Container Crane (CC)} &= 420 \text{ ton (masing-masing sisi kaki pada rel)} \\ &= 420/24 \\ &= 17.5 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat petikemas} &= 60 \text{ ton} \\ &= 60/4 = 15 \text{ ton (untuk setiap sisi kaki pada rel)} \\ &= 15/8 \\ &= 1.875 \text{ ton (untuk setiap roda yang membebani tiang)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sehingga, Containeer crane + Petikemas} &= 17.5 + 1.875 \text{ ton} \\ &= 19.375 \text{ ton}\end{aligned}$$



Gambar 4.3 Hasil pemodelan beban *crane* pada SAP2000

4.4. Perhitungan Beban Gelombang

Dalam menghitung beban gelombang diketahui parameter-parameter untuk perhitungan sebagai berikut. Dalam tabel 4.2 berikut adalah parameter-parameter utama yang akan digunakan untuk menentukan beban gelombang yang menghatam dermaga internasional PT. TPS. (perhitungan beban gelombang digunakan peramaan pada dasar teori 2.2.7)

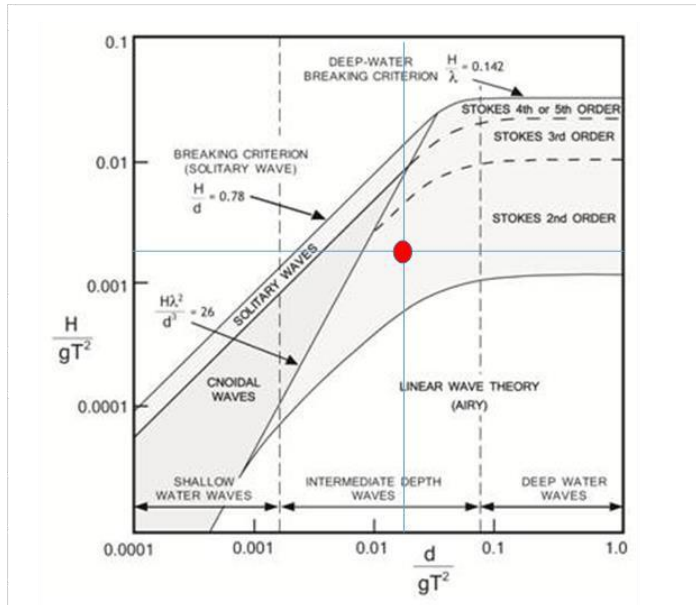
Tabel 4.2 Parameter gelombang

Parameter	Nilai
Tinggi Gelombang	0.344 m
Periode Gelombang	2.912 Sec
Kedalaman Perairan	14.50 m
Percepatan Gravitasi	9.81 m/s
Panjang Gelombang	78.74 m
Koefisien Drag	1
Koefisien Inersia	2

Dari parameter diatas maka dapat ditentukan teori gelombang yang dipakai dalam perhitungan dengan menggunakan grafik *Region of Validity of Wave Theories* (SPM, 1984). Dengan parameter diatas maka didapat :

$$H/gT^2 = 0.004136$$

$$d/gT^2 = 0.174338$$



Gambar 4.4 Region of Validity of Wave Theories (SPM, 1984)

Dari grafik gambar 4.2 didapat bahwa teori gelombang yang dipakai dalam perhitungan untuk menentukan beban gelombang adalah *stokes orde 2*. Kemudian setelah ditentukannya teori gelombang maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan besar kecepatan partikel air yang ada di daerah sekitar dermaga internasional PT. TPS. Persamaan yang digunakan untuk menentukan kecepatan partikel air untuk gelombang *stokes orde 2* dan percepatannya adalah sebagai berikut.

- **Kecepatan arah x** (persamaan 2.15)

$$u = \left(\frac{\pi H}{T} \right) \frac{\cosh k(d+y)}{\sinh kd} \cos(kx - \sigma t) + \frac{3}{4} \left(\frac{\pi H}{L} \right)^2 C \frac{\cosh 2k(d+y)}{(\sinh kd)^4} \cosh 2(kx - \sigma t)$$

dengan nilai C adalah sebagai berikut (persamaan 2.17)

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh kd$$

$$= 0.4398$$

Dalam perhitungan gaya *drag* digunakan nilai kecepatan partikel air arah (U) maksimum, dimana pada kondisi tersebut terjadi pada nilai $kx - \sigma t = 0$,

sehingga didapat nilai $\cos 2(kx - \sigma t) = 1$. Jika seluruh parameter untuk menentukan kecepatan partikel sudah ditentukan, maka untuk kalkulasinya adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 u &= \left(\frac{\pi H}{T} \right) \frac{\cosh k(d+y)}{\sinh kd} \cos(0) + \frac{3}{4} \left(\frac{\pi H}{L} \right)^2 C \frac{\cosh 2k(d+y)}{(\sinh kd)^4} \cosh 2(0) \\
 &= 0.46287 + 0.00188 \\
 &= 0.4647 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

- **Percepatan arah x**

Sama seperti dalam menentukan kecepatan partikel air, dalam melakukan perhitungan kecepatan partikel air arah (U) digunakan nilai maksimum yaitu terjadi ketika dalam kondisi nilai $kx - \sigma t = \pi/2$, maka nilai $\sin 2(kx - \sigma t) = 1$. Sehingga dalam kalkulasi menentukan besar percepatan arah x, adalah sebagai berikut : (persamaan 2.15)

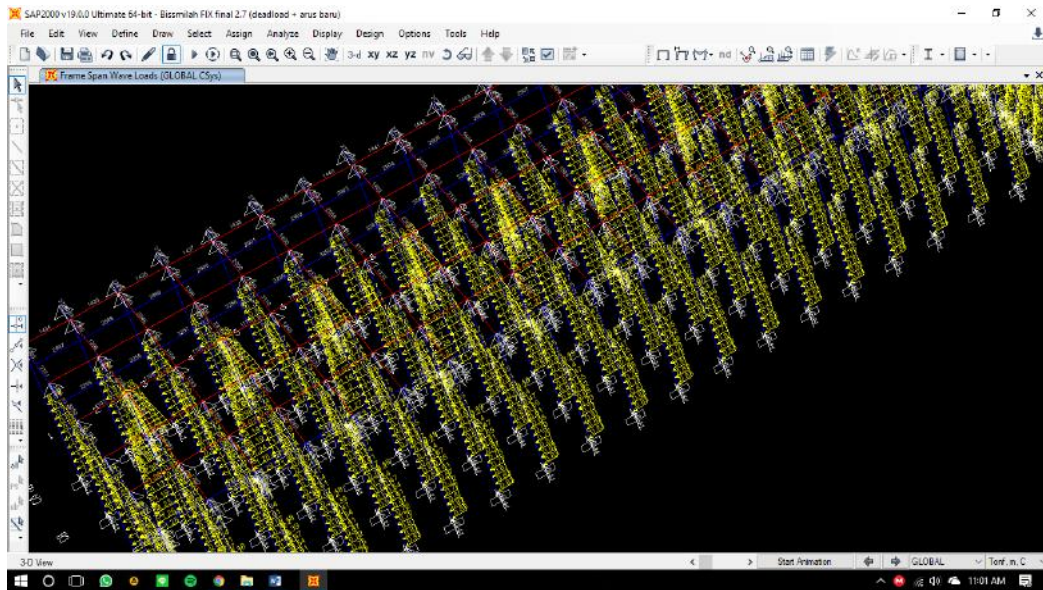
$$\begin{aligned}
 \frac{\delta u}{\delta t} &= \sigma \left(\frac{\pi H}{T} \right) \frac{\cosh k(d+y)}{\sinh kd} \sin(kx - \sigma t) + \sigma \frac{3}{4} \left(\frac{\pi H}{L} \right)^2 C \frac{\cosh 2k(d+y)}{(\sinh kd)^4} \sin 2(kx - \sigma t) \\
 &= 0.99832 + 0.00368 \\
 &= 1.002 \text{ m/s}^2
 \end{aligned}$$

Untuk menentukan beban gelombang dilakukan perhitungan gaya horizontal menggunakan morison, dengan persamaan sebagai berikut: (persamaan 2.20 dan 2.21)

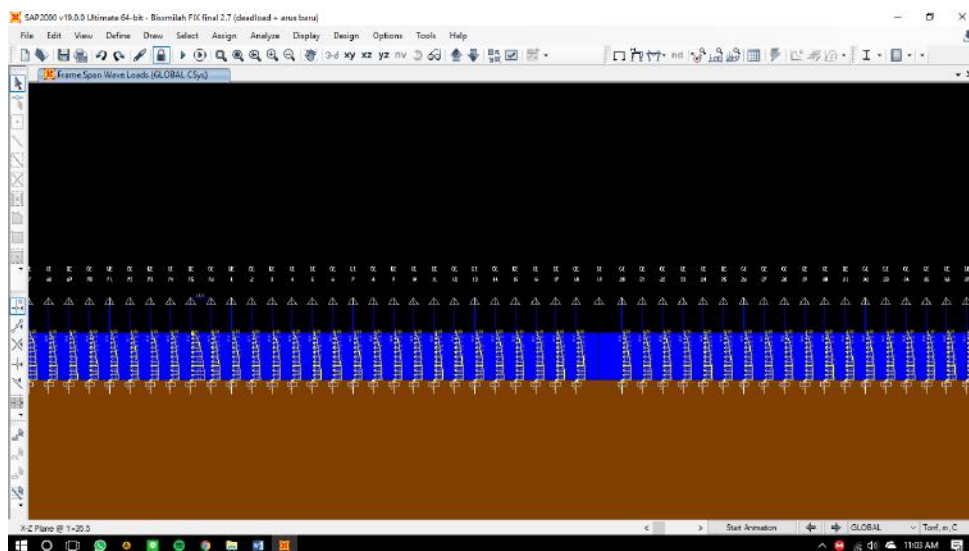
$$F_{drag} = \frac{1}{2} \rho C_d D \Delta S u^2 \quad \text{dan} \quad F_{inersia} = \frac{1}{4} \rho C_I \pi D \frac{\delta u}{\delta t}$$

Tabel 4.3 Perhitungan Beban Gelombang

Pile Diameter (mm)	Luas Selimut (2π x r x t)	F_{drag} (Tonf)	$F_{inersia}$ (Tonf)	F_{total} (Tonf)
711.2	33.15 m ²	2.610	1.147	3.757
1117.6	52.09 m ²	4.101	1.802	5.903



Gambar 4.5 Hasil *input* beban gelombang tampak 3D



Gambar 4.6 Hasil *input* beban gelombang tampak samping

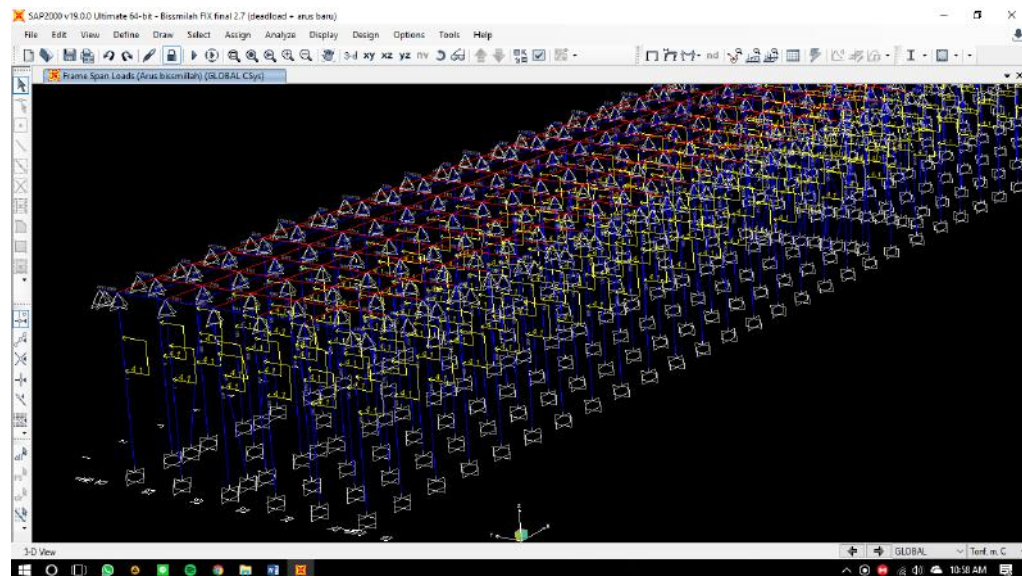
4.5. Beban Arus Terhadap Tiang Pancang

Arus merupakan partikel yang menjalar horizontal disepanjang permukaan air. arus yang bergerak dan membentur tiang panjang akan memberikan beban horizontal pada tiang pancang tersebut. nilai beban arus horizontal dihitung menggunakan persamaan gaya morison yaitu gaya *drag*. Untuk perhitungan beban arus pada tiang pancang adalah sebagai berikut : (persamaan 2.20)

$$F_{drag} = \frac{1}{2} \rho C_d D \Delta S u^2$$

Tabel 4.4 Perhitungan Beban Arus Terhadap Tiang Pancang

Pile Diameter (m)	ρ_{air} (t/m ³)	C _d	F _{drag}
0.7112	1.025	1	2.610
1.1176	1.025	1	4.101



Gambar 4.7 Pemodelan tampak 3D beban arus SAP 2000

4.6. Gaya *mooring*

Kapal yang sedang menambat pada dermaga maka akan dikaitkan dengan *mooring* atau tali dengan *bolloard* yang ada di dermaga, pada saat menambat akan terjadi tarikan akibat angin atau arus yang menyebabkan terjadi penambahan beban akibat tarikan kapal. (perhitungan gaya *mooring* digunakan peramaan pada dasar teori 2.2.3 untuk gaya *mooring* akibat angin dan 2.2.4 untuk gaya *mooring* akibat arus)

4.6.1. Gaya *mooring* akibat angin

Dalam perhitungan ini badan kapal diasumsikan memiliki bentuk persegi panjang sehingga dalam menghitung luasan pada sisi kapal yang terpapar angin digunakan rumus luas persegi panjang, Sedangkan pada bagian buritan kapal

diasumsikan berbentuk persegi sehingga dalam menghitung luasan pada buritan digunakan rumus persegi.

Tabel 4.5 Parameter yang diketahui untuk gaya *mooring* akibat angin

Parameter yang Diketahui	Nilai
Kecepatan angin (V)	2.0577 m/s
Pa	0.26677 kg/m ²
Luasan penampang yang terpapar (MAX) (Aw)	2494 m ²

Maka besar gaya *mooring* yang terjadi,

$$\begin{aligned}
 R_w &= 1.1 \times Q_u \times A_w \times P_a \\
 &= 398.1314 \text{ ton} \rightarrow 18.10 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

4.6.2. Gaya *mooring* akibat arus

Pada saat kapal menambat pada dermaga terdapat arus yang bergerak dan membentur lambung kapal yang tercelup sehingga menimbulkan tarikan atau dorongan kapal sehingga menimbulkan beban pada tiang pancang baik berupa tarikan atau dorongan. Untuk persamaan gaya *mooring* akibat arus diberikan sebagai berikut :

Tabel 4.6 Parameter yang diketahui untuk gaya *mooring* akibat arus

Parameter yang Diketahui	Nilai
Kecepatan Arus (Vc)	0.4647 m/s
Kedalaman air (d)	14.5 m
<i>Draft</i> Kapal	13.2 m
Lpp	273.71 m
Sarat air (T)	13.5 m
Koef. <i>Block</i>	0.693 m
Lebar kapal	32.2 m
Massa jenis air laut	1.025 kg/m ³
Gravitasi	9.81 m/s

Dari parameter diatas dapat dicari luasan kapal yang tercelup

$$S = 1.025 \times L_{pp} (C_b \times B) + (1.7 \times T)$$

$$= 7657.646 \text{ m}^2$$

Dengan nilai CC sebesar 5.0 yang didapat dari

$$C_c = \text{Kedalaman air/Draft}$$

$$= 14.5/13.2$$

$$= 1.098$$

Berdasarkan dari buku teknik pelabuhan (Triadmodjo, 2010), dengan didapat nilai 1.098 maka digunakan Cc sebesar 5.0

Sehingga, gaya mooring didapat :

$$Ra = C_c \gamma_w A_c \left(\frac{V_c^2}{2g} \right)$$

$$= 432.0445 \text{ kgf erhitungan Beban Sandar Kapal}$$

4.7. Perhitungan Beban Sandar Kapal

4.7.1. Beban Sandar Eksisting

Dalam tugas akhir ini, *study* kasus yang dilakukan yaitu, PT. TPS berencana untuk menambah kapasitas pelayanan kapal hingga 60000 DWT. Namun sebelum itu perlu dihitung pula beban sandar eksisting guna mengetahui apakah dengan kapasitas kapal yang diperbolehkan saat ini yaitu maksimal 35000 DWT, tiang pancang benar mampu menahannya atau tidak

Data kapal :	- Jenis kapal	: <i>Container Ships</i>
	- Dead weight	: 35000 ton
	- Panjang kapal	: L_{oa} : 199 m
		L_{pp} : 186.46 m
		C_b : 0.53

Berdasarkan ukuran kapal yang digunakan dalam perhitungan ditentukan kecepatan kapal merapat berdasarkan tabel berikut.

Tabel 4.7 Kecepatan kapal merapat

Ukuran kapal (DWT)	Kecepatan Merapat	
	Pelabuhan (m/s)	Laut terbuka (m/s)
Sampai 500	0.25	0.30
500 – 10.000	0.15	0.20
10.000 – 30.000	0.15	0.15
Diatas 30.000	0.12	0.15

Menentukan nilai koefisien massa dan koefisien eksentris kapal : (persamaan 2.23 dan 2.25)

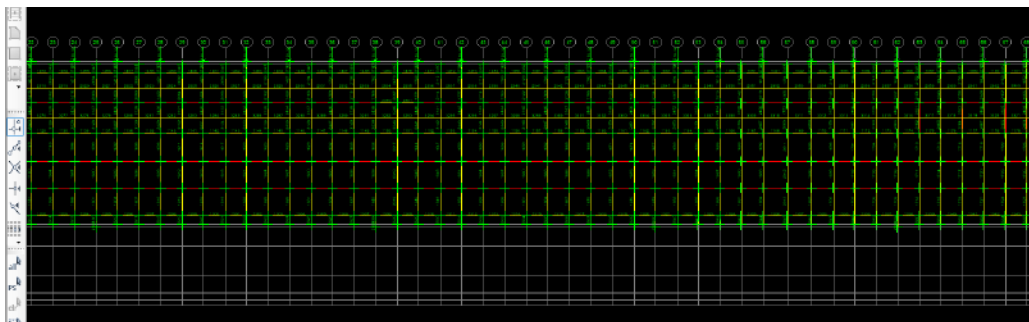
$$C_m = 1 + \frac{\pi}{2C_b} \times \frac{d}{B}$$

$$= 1.34$$

$$C_e = \frac{1}{1 + \left(\frac{I}{r}\right)^2} ; \text{ dengan nilai } I \text{ sebesar } 49.75 \text{ dan } r \text{ sebesar } 45.77$$

$$= 0.46$$

Sehingga didapat besar energi *berthing force* yang diterima adalah sebesar 15.81 ton.meter. Jika $F = 2 \times E/d$, dengan “d” yang merupakan faktor deformasi *fender* sebesar 0.9, maka beban yang diterima oleh masing-masing *fender* adalah sebesar 35.13 ton.



Gambar 4.8 Pemodelan *input* beban *fender*

4.7.2. Beban Sandar dengan rencana penambahan beban hingga 60000 DWT

Dalam tugas akhir ini, *study* kasus yang dilakukan yaitu, PT. TPS berencana untuk menambah kapasitas pelayanan kapal hingga 60000 DWT, maka dalam perhitungan beban sandar kapal ini digunakan kapal dengan jenis “*Containeer Ships (Panamax)*” dengan sarat air hingga 13.2 meter.

Data kapal :

- Jenis kapal : Container Ships
- Dead weight : 60000 ton
- Panjang kapal : L_{oa} : 290 m
 L_{pp} : 273.71 m
 C_b : 0.53

Berdasarkan ukuran kapal yang digunakan dalam perhitungan ditentukan kecepatan kapal merapat berdasarkan tabel berikut.

Tabel 4.8 Kecepatan kapal merapat

Ukuran kapal (DWT)	Kecepatan Merapat	
	Pelabuhan (m/s)	Laut terbuka (m/s)
Sampai 500	0.25	0.30
500 – 10.000	0.15	0.20
10.000 – 30.000	0.15	0.15
Diatas 30.000	0.12	0.15

Menentukan nilai koefisien massa dan koefisien eksentris kapal : (persamaan 2.23 dan 2.25)

$$C_m = 1 + \frac{\pi}{2C_b} \times \frac{d}{B}$$

$$= 1.32$$

$$C_e = \frac{1}{1 + \left(\frac{I}{r}\right)^2} ; \text{ dengan nilai } I \text{ sebesar } 72.5 \text{ dan } r \text{ sebesar } 48.33$$

$$= 0.46$$

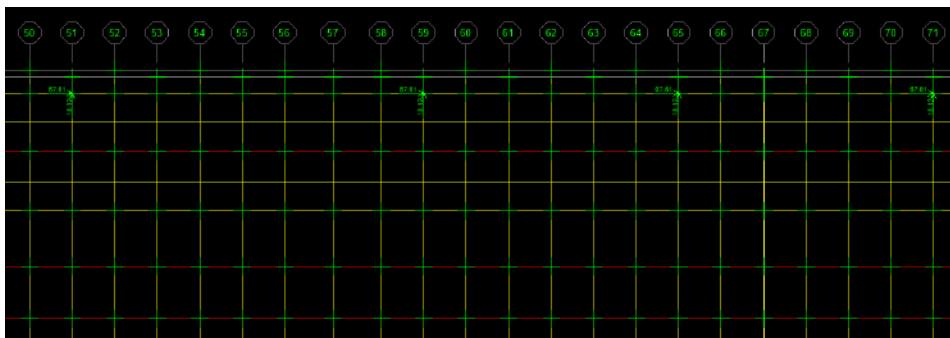
Sehingga didapat besar energi *berthing force* yang diterima adalah sebesar 26.69 ton.meter. Jika $F = 2 \times E/d$, dengan “d” yang merupakan faktor deformasi *fender* sebesar 0.9, maka beban yang diterima oleh masing-masing *fender* adalah sebesar 59.32 ton.

4.8.Perhitungan Gaya *Mooring* pada *Bolloard*

Gaya mooring akibat tarikan kapal sudah dijelaskan pada dasar teori 4.7, inti dari penjelasan gaya *mooring* pada *bolloard* adalah pada saat kapal sudah bersandar di dermaga, yang mana kapal ditambatkan pada *bolloard* untuk menahan gaya tarikan kapal. Pada tabel berikut menampilkan gaya *mooring* pada sudut 15°. (perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan pada dasar teori 2.2.9)

Tabel 4.9 Kalkulasi gaya mooring pada *bolloard*

Parameter		Nilai
Sudut Tarik Kapal	=	15°
Gaya pada Bolloard	=	100 Ton
Proyeksi gaya sumbu X	=	96.59 Ton
Proyeksi gaya sumbu Y	=	25.88 Ton



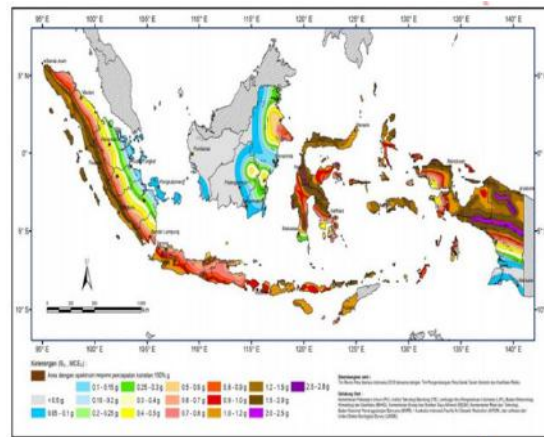
Gambar 4.9 Pemodelan *input* beban *Bolloard*

4.9. Beban Gempa

Pada perhitungan beban gempa ini, karakteristik tanah diambil berdasarkan hasil penelitian oleh pihak PT. Pelindo III, karna dalam penelitian ini tidak memiliki data tanah asli yang diambil dari analisa atau penelitian tanah pada PT. TPS, penulis menggunakan data tanah berlokasi di sekitar area pelabuhan Tanjung Perak

Surabaya atau berdekatan dengan demaga Teluk lamong. Dari data tersebut penulis asumsikan bahwa tanah yang berada di sekitar pelabuhan teluk lamong memiliki karakteristik yang sama dengan area sekitar PT. TPS. Dari data diketahui memiliki karakteristik tanah sedang karena memiliki nilai N-SPT sekitar 12 – 30. (Setyawan, yudha. 2011)

Berdasarkan peta nilai respon percepatan spektral gempa, wilayah PT. TPS memiliki nilai respon percepatan spektral periode pendek (S_1) sebesar 0.2 dan nilai respon percepatan spektral periode 1 detik (S_s) sebesar 0.75. sehingga berdasarkan tabel parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R didapat nilai koefisien situsnya adalah sebesar $F_v = 2$ dan $F_a = 1.2$. (untuk melakukan kalkulasi beban gempa digunakan persamaan-persamaan pada dasar teori 2.2.10)



Dengan demikian didapat parameter respon percepatan desain periode 1s (S_{D1}) dan periode pendek (S_{DS}). Dengan perhitungan sebagai berikut :

$$S_{D1} = 2/3 (F_v \times S_1)$$

$$= 2/3 \times 2 \times 0.2$$

$$= 0.267$$

$$S_{DS} = 2/3 (F_a \times S_s)$$

$$= 2/3 \times 1.3 \times 0.75$$

$$= 0.6$$

- Periode Natural

- $(T_0) = 0.2 (S_{D1}/S_{DS})$

- $= 0.2 (0.267/0.6)$

- $= 0.12 \text{ s}$

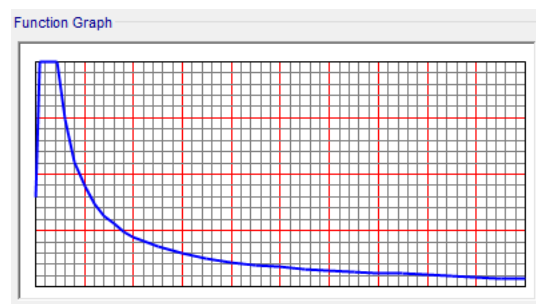
- Nilai respon gempa

- $CS = S_{D1} / ((R/I))$

- $= 0.267 / ((5/1))$

- $= 0.053$

Kemudian dari hasil input S_{D1} , S_{DS} , periode natural, dan jenis tanah. Maka akan didapatkan grafik respon spektrum gempa seperti **gambar 4.10**.



Gambar 4.12 Grafik respon struktur untuk beban gempa

4.10. Kombinasi Pembebanan

Dalam desain dan analisis dermaga pada SAP2000 diperlukan adanya kombinasi pembebanan (*Load combination*), yang mana *load combination* merupakan faktor beban yang bekerja dalam suatu kondisi tertentu yang

kemungkinan terjadi selama dermaga beroperasi. Faktor beban dan kombinasi pembebanan yang terjadi pada tiang pancang dermaga internasional PT. TPS di jelaskan di bawah ini :

Tabel 4.10 Kombinasi pembebanan untuk dermaga internasional PT. TPS

No.	Penjelasan	Beban yang bekerja	Kombinasi Beban
1	Dermaga dalam kondisi kosong	Beban struktur	1.4DL
2	Kapal sedang merapat ke dermaga, kondisi pekerja cukup banyak	Beban mati	1.4DL + 1.6LL
		Beban hidup	
3	Kapal merapat ke dermaga, badan kapal menyentuh fender, kondisi dermaga cukup banyak pekerja	Beban Mati	1.4(DL+F)+1.6LL+1.2FL
		Beban Hidup	
		Beban Fender	
4	Kapal merapat ke dermaga, tali ditambatkan pada bolloard, kondisi pekerja cukup banyak	Beban mati	1.4(DL+F)+1.6LL+1.2FL
		beban hidup	
		beban bolloard	
5	Kapal sedang melakukan bongkar muat, kondisi angin dan arus cukup kuat sehingga menarik bolloard	beban mati	1.4(DL+F)+1.6CL+1.6CC +1.2TL+1.2BL+1.6WL
		beban crane	
		beban truk	
		beban bolloard	
		beban angin	
		beban arus	
6	Kapal sedang bongkar muat angin dan arus cukup kuat sehingga kapal bergerak dinamis membentur fender	beban mati	1.4(DL+F)+1.6CC+1.2FL+ 1.6WL+1.6CL+1.2TL
		beban crane	
		beban fender	
		beban truk	
		beban angin	
		beban arus	
7	Kapal bongkar muat kondisi angin dan arus cukup tenang	beban mati	1.4(DL+F)+1.6CC+1.2TL
		beban crane	
		beban truk	
8	Dermaga kosong, cukup banyak pekerja atau aktifitas kondisi arus cukup kuat	beban mati	1.4(DL+F)+1.6CL+LL
		beban hidup	
		beban arus	
9		beban mati	1.4(DL+F)+1.2TL+1.6CC

	Kapal sedang melakukan bongkar muat, kondisi perairan cukup tenang	beban crane	
		beban truk	
10	Dermaga sedang kosong, namun masih ada aktifitas tapi terjadi gempa pada daerah sekitar dermaga	beban mati	$1.4(DL+F)+LL+E$
		beban hidup	
		beban gempa	
11	Kapal sedang melakukan bongkar muat, namun terjadi gempa di area sekitar dermaga dan kapal bergerak dinamis	beban mati	$1.4(DL+F)+LL+E+1.2TL+1.6CC+1.2FL+1.2BL$
		beban hidup	
		beban fender+bolloard	
		Beban gempa	
		beban truk	
		beban crane	
12	Dermaga dalam keadaan kosong, Aktivitas pekerja sedikit	Beban mati struktur dermaga	$1.4(DL+F)+LL$
		Beban hidup diatas dermaga	

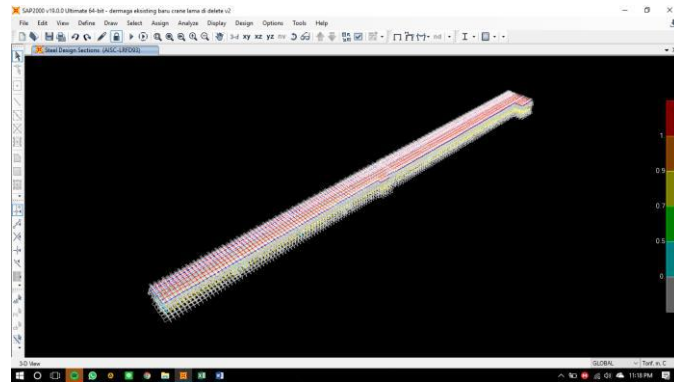
4.11. Analisis Struktur Eksisting

Analisa eksisting dilakukan untuk mengetahui kekuatan struktur awal dari dermaga internasional PT. Terminal Petikemas Surabaya. Dengan kapal terbesar yang pernah berlabuh di dermaga internasional yaitu sebesar 35,000 DWT dan jumlah *crane* sejumlah 8 *crane*.

4.11.1. Capacity Ratio

Capacity ratio adalah nilai perbandingan antara gaya dalam ultimate (hasil beban kombinasi maksimum yang membebani bangunan) dengan kuat ijin masing-masing gayanya (prasetyo, 2017). Hasil *running* analisis kemudian ditampilkan ratio bar untuk *capacity ratio* dengan range 0 – 1. Struktur dikategorikan dalam kondisi aman apabila nilai *capacity ratio* dibawah 1 untuk masing-masing beban kombinasi. Tabel 4.9 menunjukkan nilai *capacity ratio* untuk seluruh *pile* OD 1117.6 mm dan tabel 4.10 untuk seluruh *pile* OD 711.2 mm

- **PILE OD 1117.6 mm**



Gambar 4.13 Hasil *Steel Check Design (Capacity Ratio)*

Dari hasil *steel check design* diketahui beban kombinasi 5 adalah beban kombinasi terbesar yang membebani struktur. Dengan rincian gaya dalam salah satu *pile*-nya yang terbebani sebagai berikut :

Tabel 4.11. *Moment pile OD 1117.6 mm dermaga eksisting*

	Mu	Phi * Mn Capacity	Ratio
<i>Major Moment</i>	-15.845	552.073	0.029
<i>Minor Moment</i>	91.478	552.073	0.166

Tabel 4.12. *Axial Force pile OD 1117.6 mm dermaga eksisting*

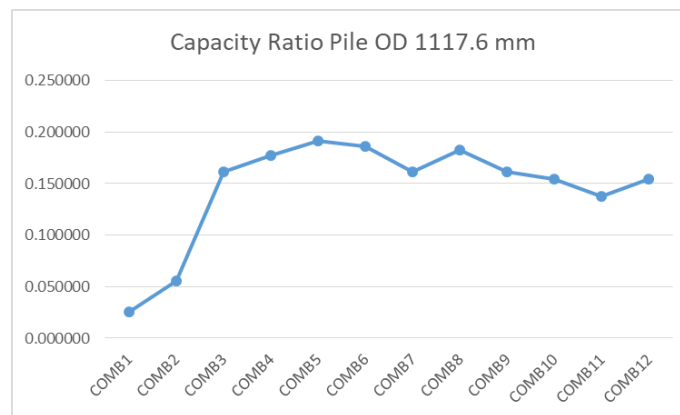
	Pu Force	Phi*P_{nc}	Phi*P_{nt}	Ratio
<i>Axial</i>	-49.474	1076.717	1594.727	0.023

Tabel 4.13. *Ratio axial, moment, dan total pile OD 1117.7 mm dermaga eksisting*

P_{ratio}	MM_{Major}_{ratio}	MM_{Minor}_{ratio}	Total Ratio
0.023	0.029	0.166	0.191

Tabel 4.14 *Steel design pile OD 1117.6 mm*

DesignSect	DesignType	Combo	Ratio
Text	Text	Text	Unitless
Pile Besar	Brace	COMB1	0.025928
Pile Besar	Brace	COMB2	0.055556
Pile Besar	Brace	COMB3	0.16178
Pile Besar	Brace	COMB4	0.177486
Pile Besar	Brace	COMB5	0.191141
Pile Besar	Brace	COMB6	0.185777
Pile Besar	Brace	COMB7	0.16178
Pile Besar	Brace	COMB8	0.182648
Pile Besar	Brace	COMB9	0.16178
Pile Besar	Brace	COMB10	0.154455
Pile Besar	Brace	COMB11	0.137277
Pile Besar	Brace	COMB12	0.154455



Gambar 4.14 Grafik nilai *capacity ratio pile OD 1117.6 mm*

- PILE OD 711.2 mm**

Tabel 4.15. *Moment pile OD 711.2 mm dermaga eksisting*

	Mu	Phi * Mn Capacity	Ratio
Major Moment	-16.772	168.114	0.100
Minor Moment	125.483	168.114	0.746

Tabel 4.16. Axial Force pile OD 711.2 mm dermaga eksisting

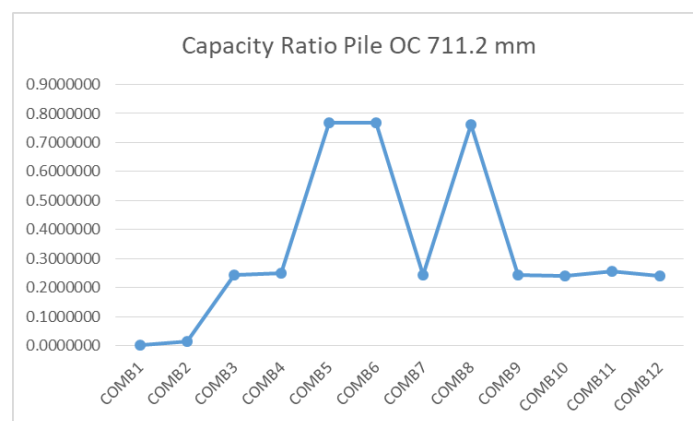
	Pu Force	Phi*P_{nc}	Phi*P_{nt}	Ratio
<i>Axial</i>	23.888	262.458	758.146	0.016

Tabel 4.17. Ratio axial, moment, dan total pile OD 711.2 mm dermaga eksisting

P_{ratio}	MM_{Major}_{ratio}	MM_{Minor}_{ratio}	Total Ratio
0.016	0.100	0.746	0.769

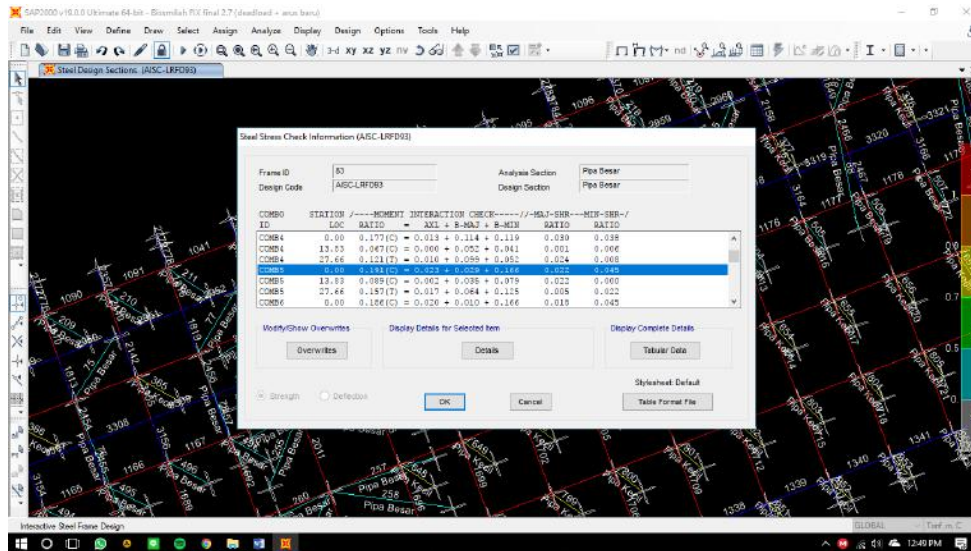
Tabel 4.18 Steel design pile OD 711.2 mm

DesignSect	DesignType	Combo	Ratio
Text	Text	Text	Unitless
Pile Kecil	Column	COMB1	0.002503
Pile Kecil	Column	COMB2	0.015514
Pile Kecil	Column	COMB3	0.24434
Pile Kecil	Column	COMB4	0.250545
Pile Kecil	Column	COMB5	0.768785
Pile Kecil	Column	COMB6	0.76664
Pile Kecil	Column	COMB7	0.24434
Pile Kecil	Column	COMB8	0.762706
Pile Kecil	Column	COMB9	0.24434
Pile Kecil	Column	COMB10	0.241237
Pile Kecil	Column	COMB11	0.255717
Pile Kecil	Column	COMB12	0.241237



Gambar 4.15 Grafik nilai *capacity ratio* pile OD 711.2 mm

Dari hasil analisis *steel check design* didapat kombinasi pembebanan yang memberikan gaya paling besar pada struktur. Dari hasil analisis, didapat beban “kombinasi 5” merupakan kombinasi yang paling besar memberikan gaya-gaya pada struktur :



Gambar 4.16 Hasil *Steel Stress Check Information* (capacity ratio)

4.11.2. Kontrol Defleksi

Dari hasil *running* analisis diketahui bahwa tegangan maupun lendutan yang terjadi maksimum adalah pada “kombinasi 5”, oleh karena itu hasil dari beban kombinasi 5 dilakukan sebagai acuan. Kontrol defleksi dilakukan untuk mengetahui apakah defleksi yang terjadi pada struktur melebihi defleksi ijinnya. Berdasarkan peraturan AISC 360-5 dan IBC-2006 tabel 9, untuk mengetahui besar defleksi/lendutan ijin struktur diberikan dengan persamaan $1/240$ dari panjang batang yang ditinjau. Namun bila berdasarkan SNI 03-2847-2002 Tabel 9, untuk mengetahui besar defleksi/lendutan ijin struktur diberikan dengan persamaan $1/480$ dari panjang batang yang ditinjau. Untuk kasus tugas akhir ini digunakan peraturan SNI 03-2847-2002 Tabel 9, sehingga didapat batas lendutan yang diijinkan pada tiang pancang adalah “0.0407 m”. Pada tabel 4.11 diberikan nilai defleksi ijin dan 3 defleksi tertinggi dari hasil *running* analisis.

Tabel 4.19 Perbandingan nilai defleksi dengan defleksi ijin

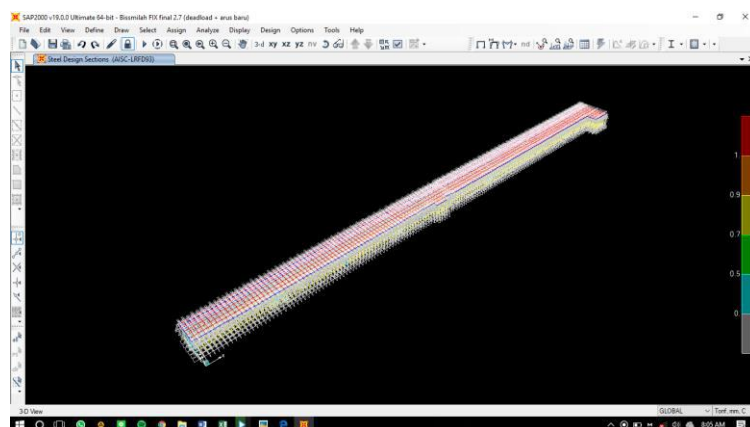
Defleksi Ijin (m)	Defleksi (m)	Ket
0.0407	0.00000000002768	Aman
0.0407	0.0000000000276	Aman
0.0407	0.00000000001729	Aman

4.12. Analisis Struktur dengan Rencana Penambahan Beban

Setelah dilakukan pembebanan sesuai dengan studi kasus yang dilakukan seperti penambahan kapasitas pelayanan kapal dengan menggunakan kapal sebesar 60000 DWT dan penambahan jumlah *crane* hingga sekarang PT. TPS memiliki 11 *crane* di dermaga internasional. Kemudian lakukan running analisis.

4.12.1. Capacity Ratio

Capacity ratio adalah nilai perbandingan antara gaya dalam *ultimate* (hasil beban kombinasi maksimum yang membebani bangunan) dengan kuat ijin masing-masing gayanya (prasetyo, 2017). Hasil *running* analisis kemudian ditampilkan *ratio bar* untuk *capacity ratio* dengan range 0 – 1. Struktur dikategorikan dalam kondisi aman apabila nilai *capacity ratio* dibawah 1 untuk masing-masing beban kombinasi. Tabel 4.9 menunjukkan nilai *capacity ratio* untuk seluruh *pile* OD 1117.6 mm dan tabel 4.10 untuk seluruh *pile* OD 711.2 mm



Gambar 4.17 Hasil *Steel Check Design (Capacity Ratio)*

Dari hasil *steel check design* diketahui beban kombinasi 5 adalah beban kombinasi terbesar yang membebani struktur. Dengan rincian sebagai berikut :

- **PILE OD 1117.6 mm**

Tabel 4.20. *Moment pile OD 1117.6 mm dermaga dengan rencana penambahan beban*

	Mu	Phi * Mn Capacity	Ratio
<i>Major Moment</i>	-15.845	552.073	0.029
<i>Minor Moment</i>	91.478	552.073	0.166

Tabel 4.21. *Axial Force pile OD 1117.6 mm dermaga dengan rencana penambahan beban*

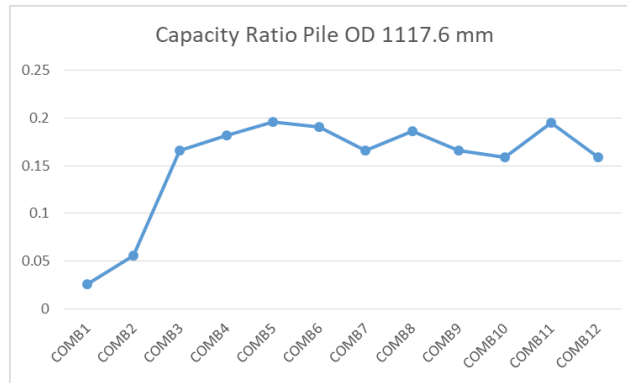
	Pu Force	Phi*P_{nc}	Phi*P_{nt}	Ratio
<i>Axial</i>	-49.474	1076.717	1594.727	0.023

Tabel 4.22. *Ratio axial, moment, dan total pile OD 1117.6 mm dermaga dengan rencana penambahan beban*

P_{ratio}	MM_{Major}_{ratio}	MM_{Minor}_{ratio}	Total Ratio
0.023	0.029	0.166	0.191

Tabel 4.23 *Steel design pile OD 1117.6 mm*

DesignSect	DesignType	Combo	Ratio
Text	Text	Text	Unitless
Pile Besar	Brace	COMB1	0.025928
Pile Besar	Brace	COMB2	0.05556
Pile Besar	Brace	COMB3	0.166162
Pile Besar	Brace	COMB4	0.181603
Pile Besar	Brace	COMB5	0.196287
Pile Besar	Brace	COMB6	0.190923
Pile Besar	Brace	COMB7	0.166162
Pile Besar	Brace	COMB8	0.186581
Pile Besar	Brace	COMB9	0.166162
Pile Besar	Brace	COMB10	0.158969
Pile Besar	Brace	COMB11	0.195373
Pile Besar	Brace	COMB12	0.158969



Gambar 4.18 Grafik nilai *capacity ratio pile* OD 1117.6 mm

- **PILE OD 711.2 mm**

Tabel 4.24. *Moment pile* OD 711.2 mm dermaga dengan rencana penambahan beban

	Mu	Phi * Mn Capacity	Ratio
<i>Major Moment</i>	-16.772	168.114	0.100
<i>Minor Moment</i>	125.483	168.114	0.746

Tabel 4.25. *Axial Force pile* OD 711.2 mm dermaga dengan rencana penambahan beban

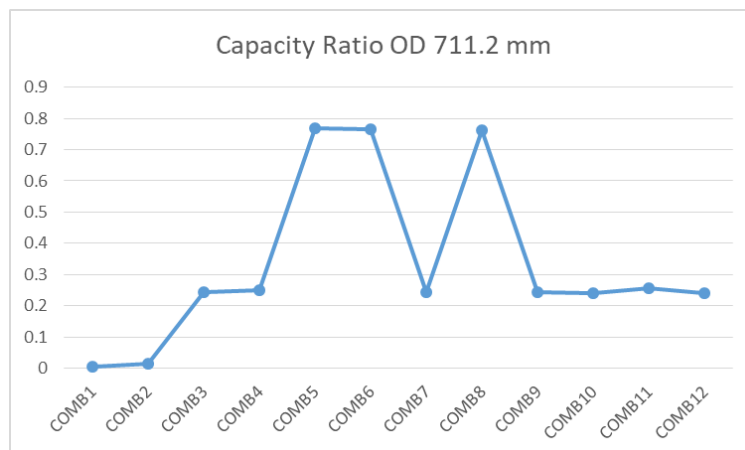
	Pu Force	Phi*P_{nc}	Phi*P_{nt}	Ratio
<i>Axial</i>	23.888	262.458	758.146	0.016

Tabel 4.26. *Ratio axial, moment, dan total pile* OD 711.2 mm dermaga dengan rencana penambahan beban

P_{ratio}	MM_{major}_{ratio}	MM_{minor}_{ratio}	Total Ratio
0.016	0.100	0.746	0.769

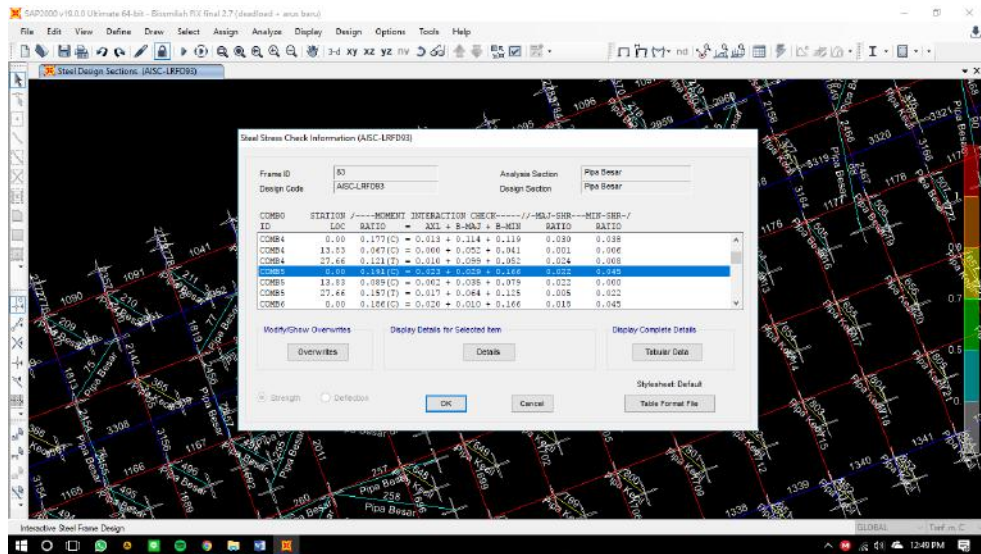
Tabel 4.27 *Steel design pile OD 711.2 mm*

DesignSect	DesignType	Combo	Ratio
Text	Text	Text	Unitless
Pile Kecil	Column	COMB1	0.00724
Pile Kecil	Column	COMB2	0.015514
Pile Kecil	Column	COMB3	0.24434
Pile Kecil	Column	COMB4	0.250545
Pile Kecil	Column	COMB5	0.768785
Pile Kecil	Column	COMB6	0.76664
Pile Kecil	Column	COMB7	0.24434
Pile Kecil	Column	COMB8	0.762706
Pile Kecil	Column	COMB9	0.24434
Pile Kecil	Column	COMB10	0.241237
Pile Kecil	Column	COMB11	0.255717
Pile Kecil	Column	COMB12	0.241237



Gambar 4.19 Grafik nilai *capacity ratio pile OD 711.2 mm*

Dari hasil analisis *steel check design* didapat kombinasi pembebanan yang memberikan gaya paling besar pada struktur. Dari hasil analisis, didapat beban “kombinasi 5” merupakan kombinasi yang paling besar memberikan gaya-gaya pada struktur :



Gambar 4.20 Hasil *Steel Stress Check Information (capacity ratio)*

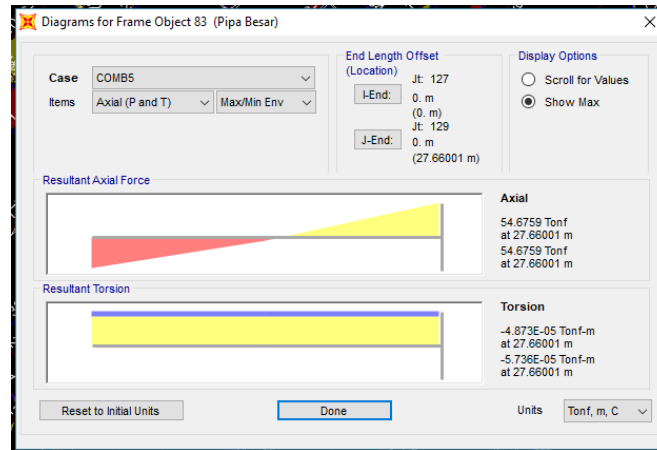
Dari gambar diatas ditunjukkan bahwa struktur dikategorikan “aman” karena memiliki nilai *capacity ratio* terbesar dengan nilai 0.768785 atau masih dibawah 1.

Dari hasil analisa kekuatan struktur model dermaga ini didapatkan tiang yang mengalami gaya tekan maksimum/terbeban maksimum dengan rincian gaya dalam salah satu *pile*-nya yang terbeban sebagai berikut :

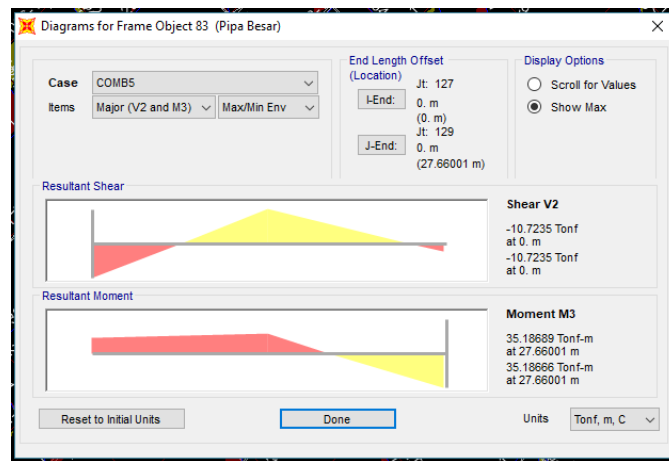
- ***Pile* dengan OD 1117.6 mm yang terbeban maksimum**

Pile OD 1117.6 mm lokasi di *frame* 83 (CB-62 Barat)

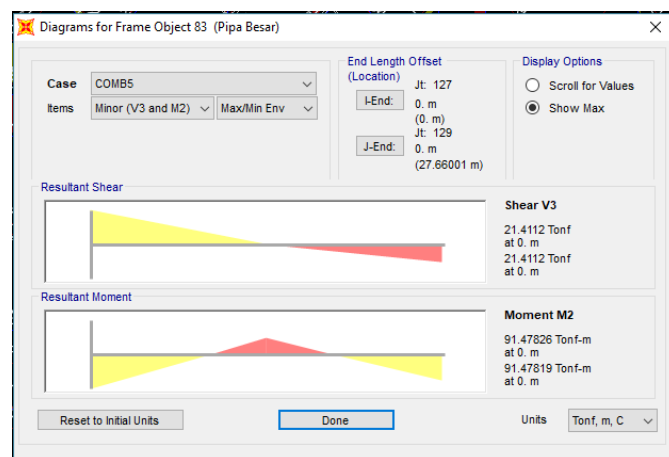
- P = 54.6759 tonf (Gaya *Axial* pada batang)
- V2 = -2.4454 tonf (Gaya geser sumbu X)
- V3 = -10.5101 tonf (Gaya geser sumbu Z)
- T = -0.00004873 tonf (Torsi/putar pada batang)
- M2 = 68.9259 tonf-m (Momen gaya tiang sumbu X)
- M3 = 35.1869 tonf-m (Momen gaya tiang sumbu Z)



Gambar 4.21 Diagram *Frame Object Pile 83* untuk *axial* dan *torsion*



Gambar 4.22 Diagram *Frame Object Pile 83* untuk gaya geser sumbu x dan momen searah sumbu z

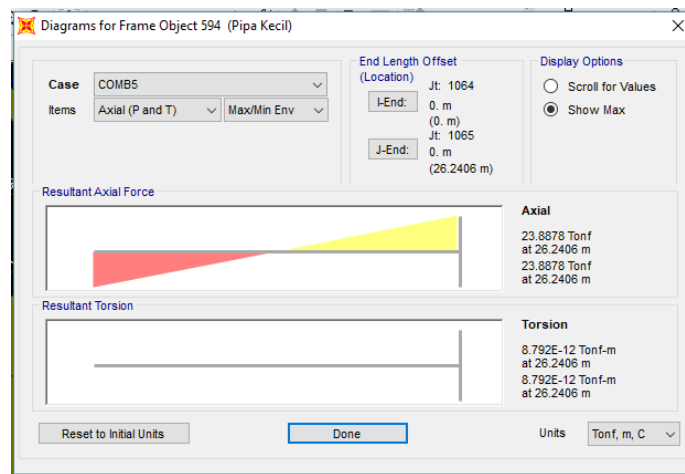


Gambar 4.23 Diagram *Frame Object Pile 83* untuk gaya geser sumbu z dan momen searah sumbu x

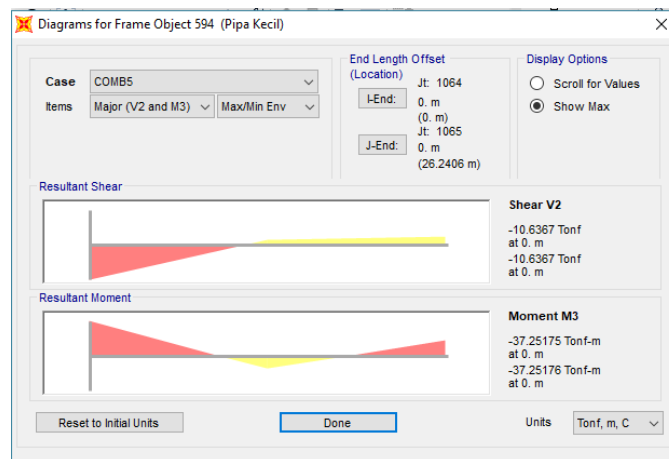
- **Pile dengan OD 711.2 mm yang terbeban maksimum**

Pile OD 711.2 mm lokasi di frame 594 (CD-2 Timur)

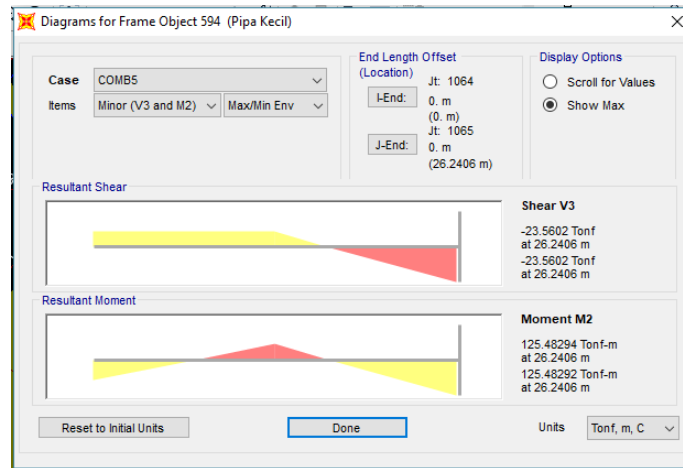
- $P = 23.8878$ tonf (Gaya *Axial* pada batang)
- $V2 = 2.323$ tonf (Gaya geser sumbu X)
- $V3 = -23.5602$ tonf (Gaya geser sumbu Z)
- $T = -8.792E-12$ tonf (Torsi/putar pada batang)
- $M2 = 125.4829$ tonf-m (Momen gaya tiang sumbu X)
- $M3 = -16.7716$ tonf-m (Momen gaya tiang sumbu Z)



Gambar 4.24 Diagram *Frame Object Pile 594* untuk *axial* dan *torsion*



Gambar 4.25 Diagram *Frame Object Pile 594* untuk gaya geser sumbu x dan momen searah sumbu z



Gambar 4.26 Diagram *Frame Object Pile 594* untuk gaya geser sumbu z dan momen searah sumbu x

4.12.2. Kontrol Defleksi

Sama dengan kondisi eksisting digunakan *codes* SNI 03-2847-2002 Tabel 9, sehingga :

Tabel 4.28 Perbandingan nilai defleksi dengan defleksi ijin

Defleksi Ijin (m)	Defleksi (m)	Ket
0.0407	0.000000002422	Aman
0.0407	0.000000002033	Aman
0.0407	0.000000001789	Aman

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisis diatas, ada beberapa kesimpulan yang dapat diambil, yaitu antara lain :

1. Dari hasil running analisis didapat “kombinasi beban 5” adalah kombinasi beban yang paling besar memberi gaya pada tiang pancang dermaga. Dengan prosentase penambahan beban seperti penambahan 3 *crane* baru dan kapal yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tabel 5.1 *Ratio* peningkatan beban untuk masing-masing beban

Beban	Eksisting	Rencana	Prosentase
<i>Crane</i>	8 unit	11 unit	27.3%
Kapal	35000 DWT	60000 DWT	41.7%

Kemudian dari hasil *running* analisis didapat *capacity ratio* dermaga adalah sebagai berikut :

Tabel 5.2 *Ratio* peningkatan beban berdasarkan *capacity ratio*

Diameter <i>Pile</i> (mm)	Kondisi Eksisting	Kondisi dengan rencana penambahan beban
1117.6	0.191141	0.196287
711.2	0.768785	0.768785

Dengan prosentase *ratio* peningkatan sebesar 2.619%.

2. Dari hasil running analisis didapat defleksi beban eksisting terbesar yaitu 0.0000000002768 (lebih kecil dari defleksi ijin sebesar 0.0407) dan untuk defleksi pada kondisi dengan rencana penambahan beban didapat sebesar 0.000000002422.
3. Sehingga dari analisis diatas dermaga internasional PT. Terminal Petikemas Surabaya dapat disimpulkan untuk penambahan *crane* sebanyak 3 *crane* dan penambahan kapasitas pelayanan kapal hingga 60000 DWT, struktur masih dalam kondisi “aman” dan tidak

memerlukan modifikasi struktur untuk memperkuat dermaga dalam mengembangkan perencanaannya.

5.2. Saran

Adapun saran yang penulis anjurkan, bilamana ada penelitian lanjutan untuk topik ini yaitu antara lain sebagai berikut :

1. Dilakukan analisis lanjutan seperti analisis daya dukung tanah atau pondasinya.
2. Mempertimbangkan faktor korosi pada *pile* sehingga mungkin bisa dilakukan pengurangan *thickness* atau semacamnya.
3. Mempertimbangkan kemungkinan terjadinya *settlement* dan *scouring* pada tiang pancang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonym. 2016. "PT TPS Akan Menambah 3 *Crane* Baru". Selasa, 7 Februari 2017. <http://www.tps.co.id/profile/Default.aspx?page=7D97481B1FE66F4B51DB90DA7E794D9F&pageID=9&bahasa=INA>
- Anonym. 2009. "*Mechanical Standards and Commentaries for and Harbour Facilities in Japan*". Japan : The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan
- Gultom, Obbie Afri. 2015. "Definisi Pelabuhan dan Jenis-Jenisnya". Selasa, 7 Februari 2017. <http://www.gultomlawconsultants.com/definisi-pelabuhan-dan-jenis-jenisnya/#>
- Habiby, M. Zainul . 2013. *Detail Pembangunan Dermaga Pelabuhan Petikemas Tanjungwangi*. Samarinda : Universitas 17 Agustus 1945
- Kukuh W, Hami dan Yoyok S, Hadiwidodo. 2010. "Analisa Kekuatan Sisa Tiang Pancang *Berthing Dolphin* yang Kengalami Korosi". Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Mochammad, I. 2008. *Analisis Struktur Dermaga Eksisting*. Bandung : Institut Teknologi Bandung
- Pradana, Muhammad Yuli. 2016. *Konfigurasi Jumlah Tiang Pancang Miring Terhadap Kekuatan Struktur Breasting Dolphin Desa Sedayu Lawas Kecamatan Brondong Kabupaten Lamongan*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Prasetyo, Bagus. 2017. "*Analisis Kekuatan Dermaga Akibat Modifikasi Dan Penambahan Beban Dengan Pendekatan Lrfd Studi Kasus Jetty Propylene Pt. Pertamina Ru Vi, Balongan, Indramayu*". Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

ITS Kemitraan. 2016. "Survey dan Pengetesan Ketebalan Tiang Pancang Dermaga Internasional PT. Terminal Petikemas Surabaya". Surabaya : CV. ITS Kemitraan

Rymo Kisworo, Gutama. 2014. *Perencanaan Dinding Gravitasi Dengan Program Geo 5*. Surakarta : Universitas Muhammadiyah Surakarta

SNI-03-1726. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Gedung Badan Standarisasi Nasional.

SNI 03-2847-2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Bandung

Setyawan, Yudha. 2017. "Alternatif Bentuk Konstruksi Pertemuan Antara Timbunan Reklamasi Dengan Jembatan Pada Teluk Lamong-Surabaya". Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Suprayogo .T, dan Totok Suprijo. 2010. "Estimasi Tinggi Gelombang Menggunakan Kecepatan Dengan Persamaan Stokes Orde 2". Bandung: Institut Teknologi Bandung

Suudi, Padli. 2014. "Pengertian Dermaga dan Fungsinya untuk Kapal di Pelabuhan". Selasa, 7 Februari 2017. <http://www.perkapalan.net/2014/10/pengertian-dermaga-dan-fungsinya-untuk-kapal-di-pelabuhan.html>

Triadmodjo, Bambang. 2010. "Perencanaan Pelabuhan". Indonesia : Universitas Gadjah Mada

U.S Army Corp Engineering. 1984. *Shore Protection Manual*. Missisipi, 4th ed. Vol I and II

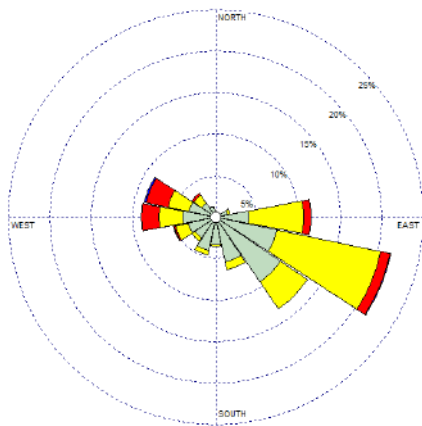
LAMPIRAN A

KONVERSI DATA ANGIN KE GELOMBANG

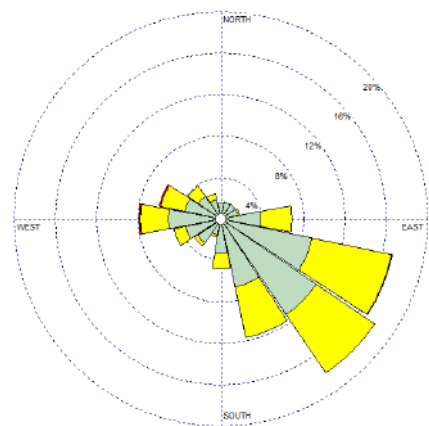
LAMPIRAN I

1.1. Arah dan Kecepatan Angin

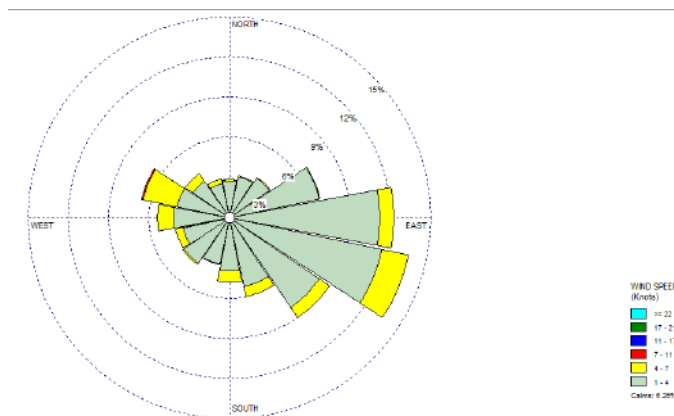
Untuk mengetahui arah dominan angin di sekitar dermaga internasional PT. TPS dilakukan analisis dengan bantuan *software* WR Plot sehingga mendapatkan gambar *windrose* untuk mengetahui arah angin dominan di daerah tersebut. data angin diperoleh dari BMKG dengan data angin yang mulai dari 3 tahun lalu, yaitu tahun 2014 – 2016. Pengolahan data angin ke WR plot dilakukan dengan range waktu tiap tahun sehingga didapat 3 gambar windrose yang akan diberikan dalam gambar 4.2. Arah angin pada tahun 2014 memiliki kecenderungan atau dominan berhembus dari arah timur tenggara (TTG), sedangkan pada tahun 2015 cenderung berhembus dari arah tenggara (TG) dan pada tahun 2016 arah dominan angin kembali cenderung berhembus dari arah timur tenggara (TTG).



Windrose plot tahun 2014

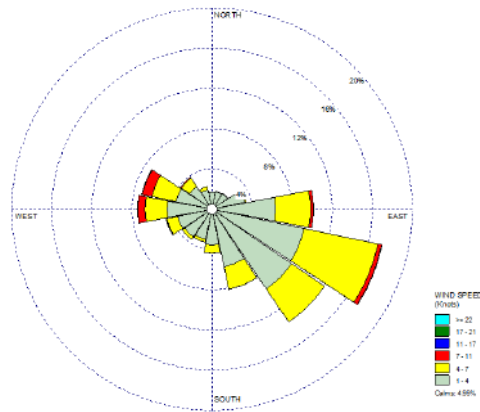


Windrose plot tahun 2015



Windrose plot tahun 2016

Gambar 4.2 berikut akan menunjukkan *windrose* dalam kurun waktu tahun 2014 – 2016 berdasarkan tabel 4.2 diatas. Serta grafik distribusi kecepatan angin.

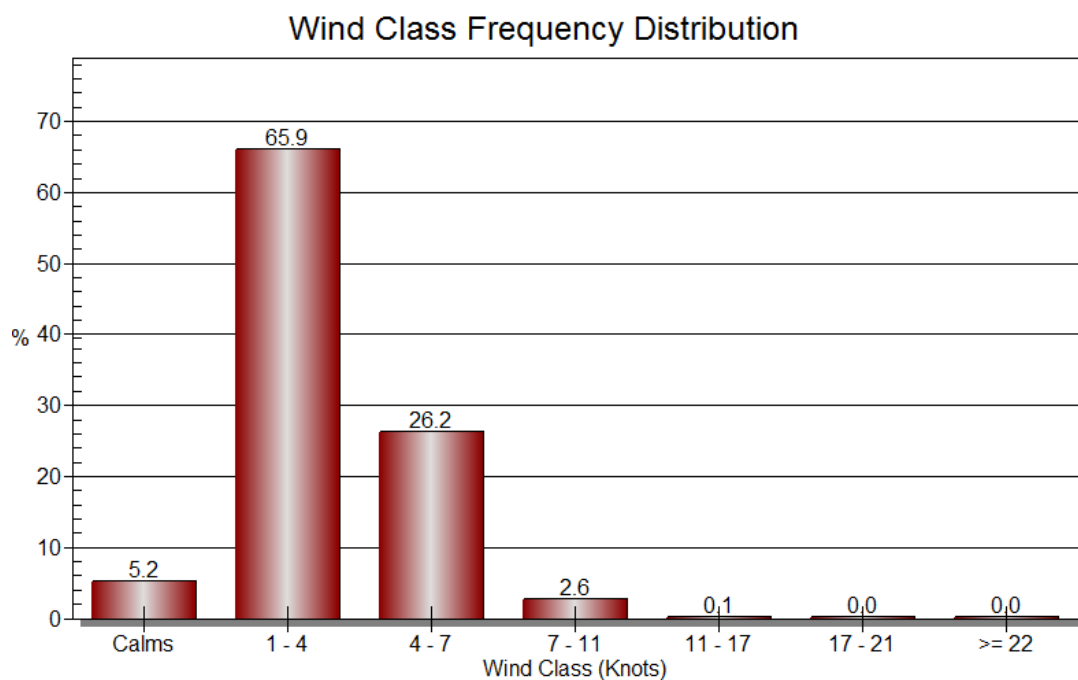


Windrose dalam kurun waktu tahun 2014 – 2016

Dari grafik diatas dapat diketahui arah dominan angin setiap tahunnya mulai dari 2014-2016. Dapat dilihat bila tahun 2014 angin dominan berhembus antara 4 – 11 Knots (Kuning – merah), sedangkan tahun 2015 angin dominan berhembus dengan dominan 4 – 7 knot (Kuning) dan tahun 2016 arah dominan hembusan angin turun menjadi 1 – 7 knots (hijau – kuning). Dibawah ini akan ditampilkan table distribusi angin dari tahun 2014 – 2016 yaitu pada tabel 4.2. terlihat dari tabel tersebut bila angin dominan sepanjang tahun 2014 – 2016 berada pada arah angin ESE atau TTG (Timur Tenggara)

Tabel distribusi kejadian angin sepanjang tahun 2014 - 2016

No	Direction / Wind Classes (knots)	1 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 17	17 - 21	>= 22	Total
1	N	419	13	0	0	0	0	432
2	NNE	447	11	0	0	0	0	458
3	NE	470	11	0	0	0	0	481
4	ENE	836	38	0	0	0	0	874
5	ENE	1585	885	74	0	0	0	2544
6	ESE	2355	1891	101	8	0	0	4355
7	SE	2414	997	1	0	0	0	3412
8	SSE	1471	576	1	0	0	0	2048
9	S	893	205	5	0	0	0	1103
10	SSW	767	78	0	0	0	0	845
11	SW	834	77	0	0	0	0	911
12	WSW	879	278	10	1	1	9	1178
13	WSW	1121	565	183	2	0	0	1871
14	WNW	919	625	250	11	0	0	1805
15	NW	683	254	24	0	0	0	961
16	NNW	499	82	0	0	0	0	581
Sub-Total		16592	6586	649	22	1	9	23859
Calms								1312
Missing/Incomplete								1133
Total								26304



Grafik distribusi prosentase kecepatan angin dalam kurun waktu 2014 – 2016.

1.2. Peramalan gelombang dari data angin

Pada penelitian ini, gelombang diperoleh dari konversi data angin sehingga didapatkan hasil peramalan gelombang yang ada di daerah sekitar PT. TPS. Data angin diperoleh dari BMKG Perak dengan data dalam kurun waktu tahun 2014 –

2016. Dari data angin diketahui besar kecepatan dan kejadian angin dalam waktu dan kecepatan tertentu, kemudian data diolah menggunakan bantuan *software* WR Plot sehingga didapatkan pengelompokan distribusi kecepatan angin dan jumlah kejadian angin, serta didapat juga gambar *windrose* sehingga dapat diketahui arah hembusan dominan angin dalam kurun waktu tertentu. Berikut akan disajikan hasil distribusi frekuensi kecepatan angin yang berada di daerah sekitar PT. TPS dengan titik pengambilan data berada pada koordinat 7.190895 S dan 112.6941 E.

Tabel distribusi jumlah hembusan angin pada tahun 2014

No	Direction / Wind Classes (knots)	1 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 17	17 - 21	>= 22	Total
1	348.75 - 11.25	59	1	0	0	0	0	60
2	11.25 - 33.75	47	2	0	0	0	0	49
3	33.75 - 56.25	23	3	0	0	0	0	26
4	56.25 - 78.75	127	21	0	0	0	0	148
5	78.75 - 101.25	328	543	74	0	0	0	945
6	101.25 - 123.75	621	1043	90	8	0	0	1762
7	123.75 - 146.25	778	321	1	0	0	0	1100
8	146.25 - 168.75	454	76	0	0	0	0	530
9	168.75 - 191.25	274	13	5	0	0	0	292
10	191.25 - 213.75	335	51	0	0	0	0	386
11	213.75 - 236.25	254	40	0	0	0	0	294
12	236.75 - 258.75	280	132	10	1	1	9	433
13	258.75 - 281.25	330	236	169	2	0	0	737
14	281.25 - 303.75	274	210	225	11	0	0	720
15	303.75 - 326.25	176	90	23	0	0	0	289
16	326.25 - 348.75	111	7	0	0	0	0	118
Sub-Total		4471	2789	597	22	1	9	7889
Calms								331
Missing/Incomplete								540
Total								8760

Tabel distribusi jumlah hembusan angin pada tahun 2015

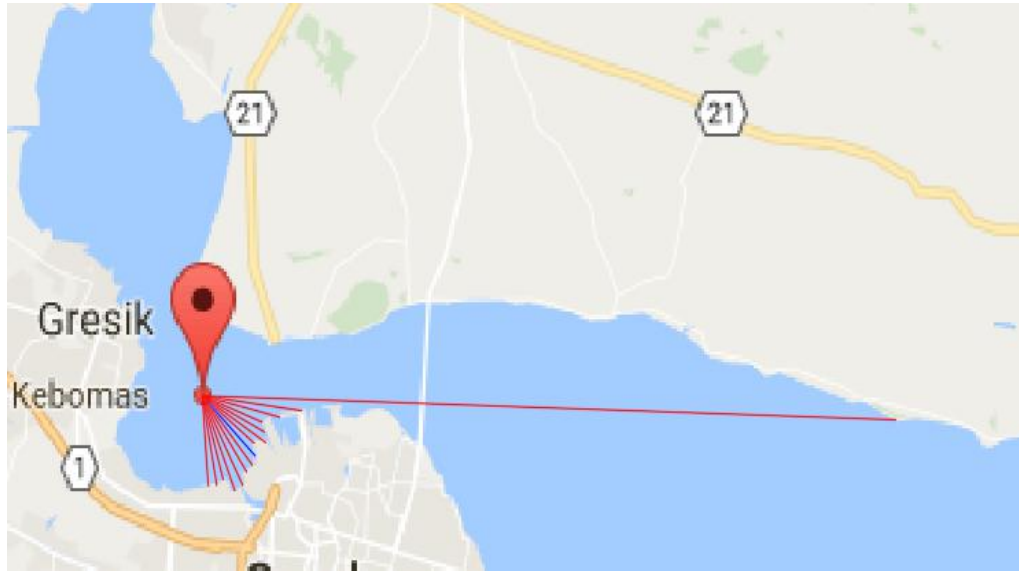
No	Direction / Wind Classes (knots)	1 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 17	17 - 21	>= 22	Total
1	348.75 - 11.25	133	3	0	0	0	0	136
2	11.25 - 33.75	144	0	0	0	0	0	144
3	33.75 - 56.25	153	1	0	0	0	0	154
4	56.25 - 78.75	152	12	0	0	0	0	164
5	78.75 - 101.25	341	258	0	0	0	0	599
6	101.25 - 123.75	788	681	11	0	0	0	1480
7	123.75 - 146.25	974	600	0	0	0	0	1574
8	146.25 - 168.75	586	438	1	0	0	0	1025
9	168.75 - 191.25	297	121	0	0	0	0	418
10	191.25 - 213.75	141	20	0	0	0	0	161
11	213.75 - 236.25	244	27	0	0	0	0	271
12	236.75 - 258.75	306	102	0	0	0	0	408
13	258.75 - 281.25	450	231	14	0	0	0	695
14	281.25 - 303.75	317	204	15	0	0	0	536
15	303.75 - 326.25	235	107	1	0	0	0	343
16	326.25 - 348.75	172	48	0	0	0	0	220
Sub-Total		5433	2853	42	0	0	0	8328
Calms								431
Missing/Incomplete								1
Total								8760

Tabel distribusi jumlah hambusan angin pada tahun 2015

No	Direction / Wind Classes (knots)	1 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 17	17 - 21	>= 22	Total
1	348.75 - 11.25	227	9	0	0	0	0	236
2	11.25 - 33.75	256	9	0	0	0	0	265
3	33.75 - 56.25	294	7	0	0	0	0	301
4	56.25 - 78.75	557	5	0	0	0	0	562
5	78.75 - 101.25	916	84	0	0	0	0	1000
6	101.25 - 123.75	946	167	0	0	0	0	1113
7	123.75 - 146.25	662	76	0	0	0	0	738
8	146.25 - 168.75	431	62	0	0	0	0	493
9	168.75 - 191.25	322	71	0	0	0	0	393
10	191.25 - 213.75	290	7	0	0	0	0	297
11	213.75 - 236.25	336	10	0	0	0	0	346
12	236.75 - 258.75	293	43	0	0	0	0	336
13	258.75 - 281.25	341	98	0	0	0	0	439
14	281.25 - 303.75	328	211	10	0	0	0	549
15	303.75 - 326.25	272	57	0	0	0	0	329
16	326.25 - 348.75	216	27	0	0	0	0	243
Sub-Total		6687	943	10	0	0	0	7640
Calms								550
Missing/Incomplete								594
Total								8784

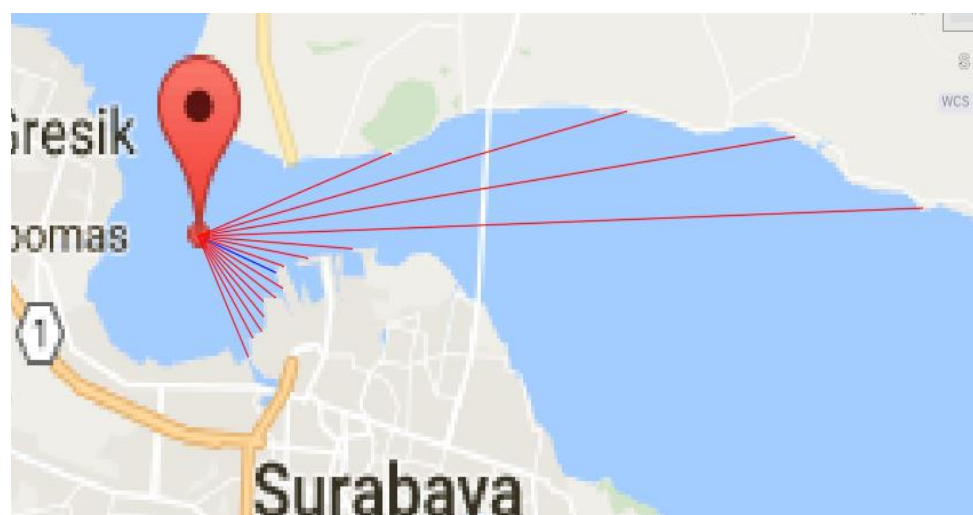
Tabel distribusi jumlah hambusan angin pada tahun 2016

Dari tabel diatas dapat diketahui dalam kurun waktu antara tahun 2014 – 2016 angin dominan berhembus dari arah tenggara dan timur tenggara. Kemudian dilakuka konversi dari data angin ke gelombang, dengan langkah pertama yaitu membuat *fetch*. *Fetch* dibuat dengan 2 arah karena dalam kurun waktu tersebut terdapat 2 arah dominan angin yang berbeda. Gambar hasil pembuatan *fetch* adalah sebagai



berikut :

Gambar *fetch* dengan arah dominan angin berada di tenggara



Gambar *fetch* dengan arah dominan angin berada di timur tenggara

**Tabel fetch calculation
calculation**

ARAH ANGIN 337.5° (Timur Tenggara)			
α	$\cos \alpha$	X_i (m)	$X_i \cos \alpha$
42	0.74	6.89	5.12
36	0.80	14.83	11.99
30	0.87	20.25	17.54
24	0.91	24.36	22.25
18	0.95	5.20	4.95
12	0.97	3.74	3.66
6	0.99	3.01	2.99
0	1.00	2.82	2.82
6	0.99	3.19	3.17
12	0.98	3.12	3.05
18	0.5	2.86	2.72
24	0.91	3.19	2.92
30	0.87	3.46	2.99
36	0.81	3.43	2.78
42	0.74	3.83	2.85
Σ	13.51		91.7965
$F_{\text{eff}} = 6794.25 \text{ m}$			

Tabel fetch

ARAH ANGIN 337.5° (Timur Tenggara)			
α	$\cos \alpha$	X_i (m)	$X_i \cos \alpha$
42	0.74	30.03	22.31
36	0.80	4.34	3.51
30	0.87	3.45	2.98
24	0.91	2.79	2.55
18	0.95	3.05	2.89
12	0.97	3.28	3.20
6	0.99	2.89	2.89
0	1.00	3.26	3.26
6	0.99	3.46	3.45
12	0.98	3.49	3.42
18	0.5	3.88	3.69
24	0.91	3.93	3.59
30	0.87	3.39	2.92
36	0.81	3.52	2.84
42	0.74	3.50	2.60
Σ	13.51		66.1297
$F_{\text{eff}} = 4894.54 \text{ m}$			

Tabel fetch calculation

ARAH ANGIN 337.5° (Timur Tenggara)			
α	$\cos \alpha$	X_i (m)	$X_i \cos \alpha$
42	0.74	6.89	5.12
36	0.80	14.83	11.99
30	0.87	20.25	17.54
24	0.91	24.36	22.25
18	0.95	5.20	4.95
12	0.97	3.74	3.66
6	0.99	3.01	2.99
0	1.00	2.82	2.82

6	0.99	3.19	3.17
12	0.98	3.12	3.05
18	0.5	2.86	2.72
24	0.91	3.19	2.92
30	0.87	3.46	2.99
36	0.81	3.43	2.78
42	0.74	3.83	2.85
Σ	13.51		91.7965
$F_{\text{eff}} = 6794.25 \text{ m}$			

Tabel kalkulasi nilai R_L dan U_L tahun 2014

Tahun 2014								
No.	U_L	U_L	R_L	U_W	U_A	F	H_0	T_0
	(knots)	(m/s)		(m/s)				
1	4	2.0560	1.71	3.5153	3.3327	6794.247	0.140	1.765
2	7	3.5980	1.53	5.5049	5.7861	6794.247	0.244	2.121
3	11	5.6540	1.34	7.5809	8.5766	6794.247	0.361	2.418
4	17	8.7380	1.18	10.3108	12.5202	6794.247	0.528	2.743
5	21	10.7940	1.11	11.9598	15.0265	6794.247	0.633	2.915
6	22	11.3080	1.09	12.3031	15.5588	6794.247	0.656	2.950

Tabel kalkulasi nilai R_L dan U_L tahun 2015

Tahun 2015								
No.	U_L	U_L	R_L	U_W	U_A	F	H_0	T_0
	(knots)	(m/s)		(m/s)				
1	4	2.0560	1.71	3.5153	3.3327	4894.538	0.119	1.582
2	7	3.5980	1.53	5.5049	5.7861	4894.538	0.207	1.901
3	11	5.6540	1.34	7.5809	8.5766	4894.538	0.307	2.168
4	17	8.7380	1.18	10.3108	12.5202	4894.538	0.448	2.459
5	21	10.7940	1.11	11.9598	15.0265	4894.538	0.537	2.614
6	22	11.3080	1.09	12.3031	15.5588	4894.538	0.556	2.644

Tabel kalkulasi nilai R_L dan U_L tahun 2016

Tahun 2016								
No.	U_L	U_L	R_L	U_W	U_A	F	H_0	T_0
	(knots)	(m/s)		(m/s)				
1	4	2.0560	1.71	3.5153	3.3327	6794.247	0.140	1.765
2	7	3.5980	1.53	5.5049	5.7861	6794.247	0.244	2.121
3	11	5.6540	1.34	7.5809	8.5766	6794.247	0.361	2.418
4	17	8.7380	1.18	10.3108	12.5202	6794.247	0.528	2.743
5	21	10.7940	1.11	11.9598	15.0265	6794.247	0.633	2.915
6	22	11.3080	1.09	12.3031	15.5588	6794.247	0.656	2.950

Tabel kalkulasi nilai H_0 untuk mendapatkan H_s tahun 2014

Tahun 2014								
No.	H_0^2	T_0^2	n	$n \times H_0^2$	$n \times T_0^2$			
	(m^2)	(s^2)	(Number)			$\Sigma n \times H_0^2$	108.3	
						$\Sigma n \times T_0^2$	7755	
						$N = \Sigma n$	1834	
1	0.020	3.114	621	12.2	1934.1			
2	0.059	4.499	1043	62.0	4692.4			
3	0.131	5.849	90	11.8	526.4			
4	0.278	7.526	80	22.3	602.1			
5	0.401	8.500	0	0.0	0.0			
6	0.430	8.700	0	0.0	0.0			

Calculate the root mean square wave parameter using Eq. 3-33a and 3-33b

H_{rms}	=	0.243	meter	Root mean square wave height
T_{rms}	=	2.056	second	Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter using Eq. 5-71

H_s	=	0.344	meter	Significant wave height
T_s	=	2.912	second	Significant wave period

Tabel kalkulasi nilai H_0 untuk mendapatkan H_s tahun 2015

Tahun 2015								
No.	H_0^2	T_0^2	n	$n \times H_0^2$	$n \times T_0^2$			
	(m^2)	(s^2)	(Number)			$\Sigma n \times H_0^2$	39.5	
						$\Sigma n \times T_0^2$	4607	
						$N = \Sigma n$	1574	
1	0.014	2.503	974	13.8	2437.8			
2	0.043	3.615	600	25.7	2169.2			
3	0.094	4.700	0	0.0	0.0			
4	0.200	6.048	0	0.0	0.0			
5	0.289	6.831	0	0.0	0.0			
6	0.310	6.991	0	0.0	0.0			

Calculate the root mean square wave parameter using Eq. 3-33a and 3-33b

H_{rms}	=	0.158	meter	Root mean square wave height
T_{rms}	=	1.711	second	Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter using Eq. 5-71

H_s	=	0.224	meter	Significant wave height
T_s	=	2.423	second	Significant wave period

Tabel kalkulasi nilai H_0 untuk mendapatkan H_s tahun 2016

Tahun 2016								
No.	H_0^2	T_0^2	n	$n \times H_0^2$	$n \times T_0^2$			
	(m^2)	(s^2)	(Number)			$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$
1	0.020	3.114	946	18.7	2946.3			
2	0.059	4.499	167	9.9	751.3			
3	0.131	5.849	0	0.0	0.0			
4	0.278	7.526	0	0.0	0.0			
5	0.401	8.500	0	0.0	0.0			
6	0.430	8.700	0	0.0	0.0			

Tahun 2016								
No.	H_0^2	T_0^2	n	$n \times H_0^2$	$n \times T_0^2$			
	(m^2)	(s^2)	(Number)			$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$
1	0.020	3.114	946	18.7	2946.3			
2	0.059	4.499	167	9.9	751.3			
3	0.131	5.849	0	0.0	0.0			
4	0.278	7.526	0	0.0	0.0			
5	0.401	8.500	0	0.0	0.0			
6	0.430	8.700	0	0.0	0.0			

Calculate the root mean square wave parameter using Eq. 3-33a and 3-33b

H_{rms}	=	0.160	meter	Root mean square wave height
T_{rms}	=	1.823	second	Root mean square wave period

Calculate the significant wave parameter using Eq. 5-71

H_s	=	0.227	meter	Significant wave height
T_s	=	2.581	second	Significant wave period

Dari tabel perhitungan diatas maka didapat nilai H_s . dalam perhitungan ini nilai H_s tertinggi antara kurun waktu tahun 2014 – 2016 yang akan digunakan dalam perhitungan untuk menentukan beban gelombang yang terjadi. Dalam kurun waktu antara tahun 2014 – 2016 gelombang tertinggi terjadi pada hingga 0.344 meter.

LAMPIRAN B

MENENTUKAN BEBAN GELOMBANG

LAMPIRAN II

2.1. Menentukan Beban Gelombang

Data Parameter Gelombang yang Diketahui			
Gravitasi (g)	=	9.81	m/s
Periode gelombang (T)	=	2.912	Sec
Tinggi gelombang (H)	=	0.344	Meter
Kedalaman peratiran	=	14.5	Meter

- Mencari nilai frekuensi gelombang :

$$T = 1/f$$

$$f = 1/T$$

$$= 2.912$$

$$f = 0.343 \text{ Hz}$$

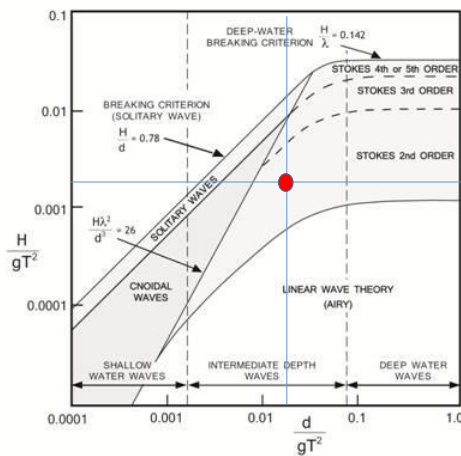
- Mencari nilai cepat rambat dan panjang gelombang

Dalam menentukan cepat rambat gelombang dan panjang gelombang diberikan persamaan sebagai berikut :

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} = \frac{gT}{2\pi} \tanh kd$$
$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh kd$$

Dengan klasifikasi gelombang menurut kedalaman relative yaitu sebagai berikut :

1. gelombang di laut dangkal jika $d/L < 1/20$
2. gelombang di laut transisi jika $1/20 < d/L < 1/2$
3. gelombang di laut dalam jika $d/L > 1/2$



tentukan teori gelombang menggunakan grafik *Region of Validity of Wave Theories* (SPM, 1984)

$$H/gT^2 = 0.00414$$

$$d/gT^2 = 0.17433$$

menghitung panjang gelombang dengan interpolasi (Triadmodjo, 2010)

$$L_0 = 1.56 \times T^2$$

$$= 13.565 \text{ m}$$

Dengan kedalaman perairan di sekitar 14.5 meter di PT. TPS, maka :

$$\frac{d}{L_0} = \frac{14.5}{13.57} = 1.069$$

Berdasarkan lampiran A-1 buku teknik pelabuhan (Triadmodjo, 2010) untuk nilai d/L_0 didapat nilai d/L dengan interpolasi

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	K_s	K	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	n
0.1500	0.18330	1.1517	0.8183	1.4238	1.7399	0.913	0.5748	2.3034	4.9543	5.054	0.7325
0.1510	0.18414	1.1570	0.8200	1.4329	1.7473	0.913	0.5723	2.3139	5.0076	5.106	0.7310

$$\frac{d}{L} = 0.184$$

$$\frac{14.5}{L} = 0.184$$

$$L = 78.744 \text{ meter}$$

Berdasarkan grafik diatas, maka perairan di daerah PT. TPS termasuk kedalam klasifikasi intermediate depth waves, sehingga untuk menghitung cepat rambat dan panjang gelombang yang dipakai yaitu :

$$\begin{aligned} C &= \frac{gT}{2\pi} \tanh kd \\ &= 0.4398 \end{aligned}$$

untuk wilayah perairan dengan kriteria gelombang stokes orde-2 digunakan persamaan seperti dibawah ini : (Djarmiko, 2003)

o Pada arah horisontal:

$$u = \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh[k_w(z+d)]}{\sinh(k_w d)} \cos \theta + \frac{3}{4} \frac{\pi H}{T} \left(\frac{\pi H}{\lambda_w} \right) \frac{\cosh[2k_w(z+d)]}{\sinh^4(k_w d)} \cos 2\theta \quad \dots (16)$$

atau

$$u = \left(\frac{\pi H}{T} \right) \frac{\cosh k(d+y)}{\sinh kd} \cos(kx - \sigma t) + \frac{3}{4} \left(\frac{\pi H}{L} \right)^2 C \frac{\cosh 2k(d+y)}{(\sinh kd)^4} \cosh 2(kx - \sigma t)$$

Untuk nilai $\Theta = (kx - \omega t)$, dengan asumsi bahwa kurva gelombang merupakan fungsi cosinus, dengan titik tinjau elevasi gelombang pada puncaknya serta waktu (t) yang ditinjau adalah 1 detik maka didapatkan $t = 1s$, dan $x = 0$ karna elevasi gelombang (η) maksimum dengan fungsi cosinus tepat berada di pusat titik koordinat $x = 0$. sehingga didapat:

$$\begin{aligned} \text{Nilai } \theta &= (kx - \omega t) \\ &= ((0.080 \times 0) - (0.809 \times 0)) \\ &= 0 \end{aligned}$$

Kemudian hitung kecepatan partikel air dengan nilai “y” fluktuatif

Nilai kecepatan partikel pada saat gelombang maksimum yaitu $y = 2.264$ meter

$$\begin{aligned} u &= \left(\frac{\pi H}{T} \right) \frac{\cosh k(d+y)}{\sinh kd} \cos(kx - \sigma t) + \frac{3}{4} \left(\frac{\pi H}{L} \right)^2 C \frac{\cosh 2k(d+y)}{(\sinh kd)^4} \cosh 2(kx - \sigma t) \\ &= 0.4628 + 0.0018 \\ &= 0.4647 \text{ m/s} \end{aligned}$$

a. Menghitung gaya horizontal untuk pile OD 7.112 mm

$$F = F_{\text{drag}} + F_{\text{inersia}}$$

- Persamaan untuk mencari gaya *drag* diberikan sebagai berikut :

$$F_d = \frac{1}{2} \rho C_d D \Delta S u^2$$

$$= 2.610 \text{ tonf}$$

- Untuk menghitung gaya inersia dilakukan perhitungan sebagai berikut:

- a. Menentukan percepatan arah x

Untuk melakukan perhitungan gaya inersia maka dicari nilai percepatan arah U maksimum yang terjadi, yaitu pada kondisi nilai $kx - \sigma t = \pi/2$ atau $\sin 2(kx - \sigma t) = 1$

$$2(kx - \sigma t) = 1$$

$$\frac{\delta u}{\delta t} = \sigma \left(\frac{\pi H}{T} \right) \frac{\cosh k(d+y)}{\sinh kd} \sin(kx - \sigma t) + \sigma \frac{3}{4} \left(\frac{\pi H}{L} \right)^2 C \frac{\cosh 2k(d+y)}{(\sinh kd)^4} \sin 2(kx - \sigma t)$$

$$= 0.998 + 0.0038$$

$$= 1.001997 \text{ m/s}^2$$

Menghitung gaya inersia :

$$F_{\text{inersia}} = \frac{1}{4} \rho C_I \pi D \frac{\delta u}{\delta t}$$

$$= 1.147 \text{ tonf}$$

Sehingga didapat

$$F = F_{\text{drag}} + F_{\text{inersia}}$$

$$= 2.610 + 1.147$$

$$= 3.757 \text{ tonf}$$

b. Menghitung gaya horizontal untuk pile OD 1117.6

- Mencari gaya drag

$$F_d = \frac{1}{2} \rho C_d D \Delta S u^2$$

$$= 4.101 \text{ tonf}$$

- Mencari momen inersia, dilakukan perhitungan sebagai berikut :

Menentukan percepatan arah x. untuk melakukan perhitungan gaya inersia maka dicari nilai percepatan arah U maksimum yang terjadi pada kondisi nilai $kx - \sigma t = \pi/2$ atau $\sin 2(kx - \sigma t) = 1$

$$\begin{aligned}\frac{\delta u}{\delta t} &= \sigma \left(\frac{\pi H}{T} \right) \frac{\cosh k(d+y)}{\sinh kd} \sin(kx - \sigma t) + \sigma \frac{3}{4} \left(\frac{\pi H}{L} \right)^2 C \frac{\cosh 2k(d+y)}{(\sinh kd)^4} \sin 2(kx - \sigma t) \\ &= 0.9983 + 0.0037 \\ &= 1.001997 \text{ m/s}^2\end{aligned}$$

Menghitung gaya inersia :

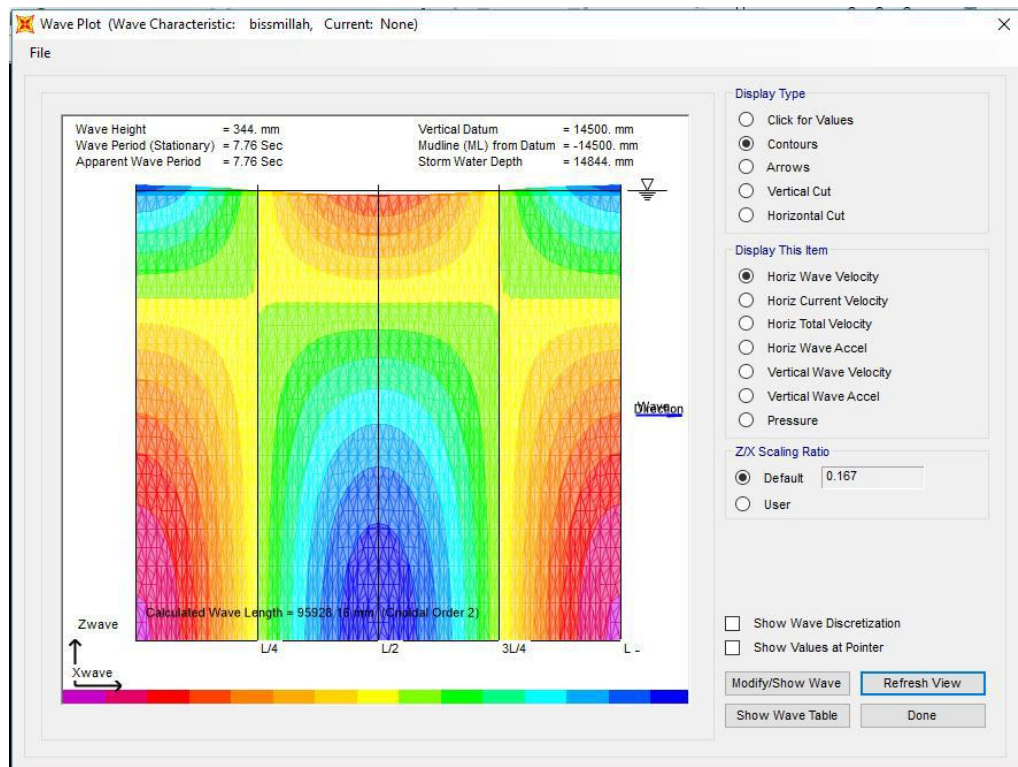
$$\begin{aligned}F_{inersia} &= \frac{1}{4} \rho C_I \pi D \frac{\delta u}{\delta t} \\ &= 1.802 \text{ tonf}\end{aligned}$$

Sehingga didapat

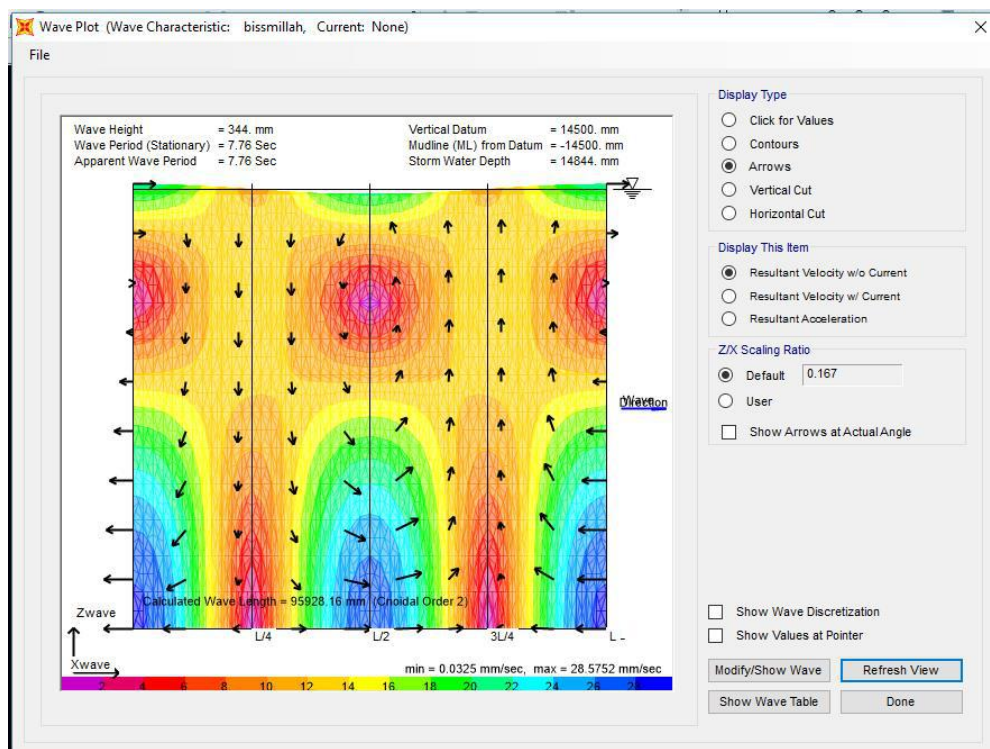
$$\begin{aligned}F &= F_{\text{drag}} + F_{\text{inersia}} \\ &= 4.101 + 1.802 \\ &= 5.903 \text{ tonf}\end{aligned}$$

LAMPIRAN C

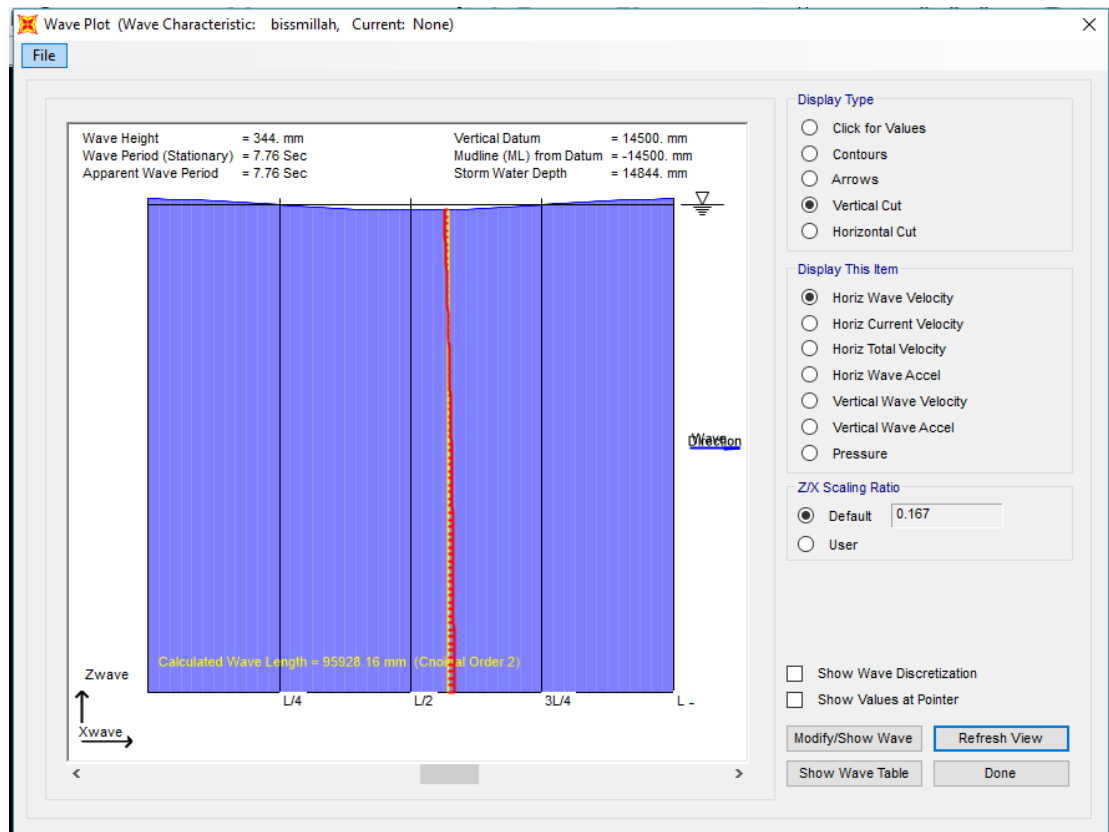
WAVE PLOT SAP2000



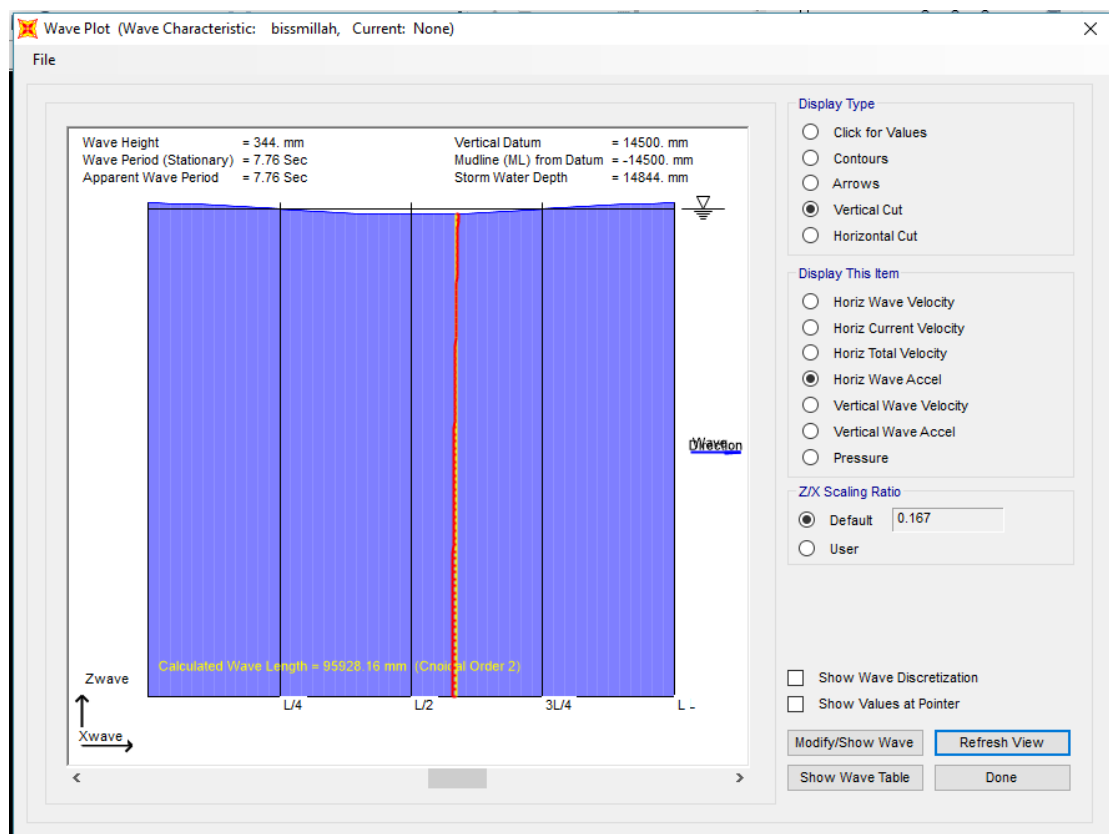
Gambar. Wave Plot Display Contour



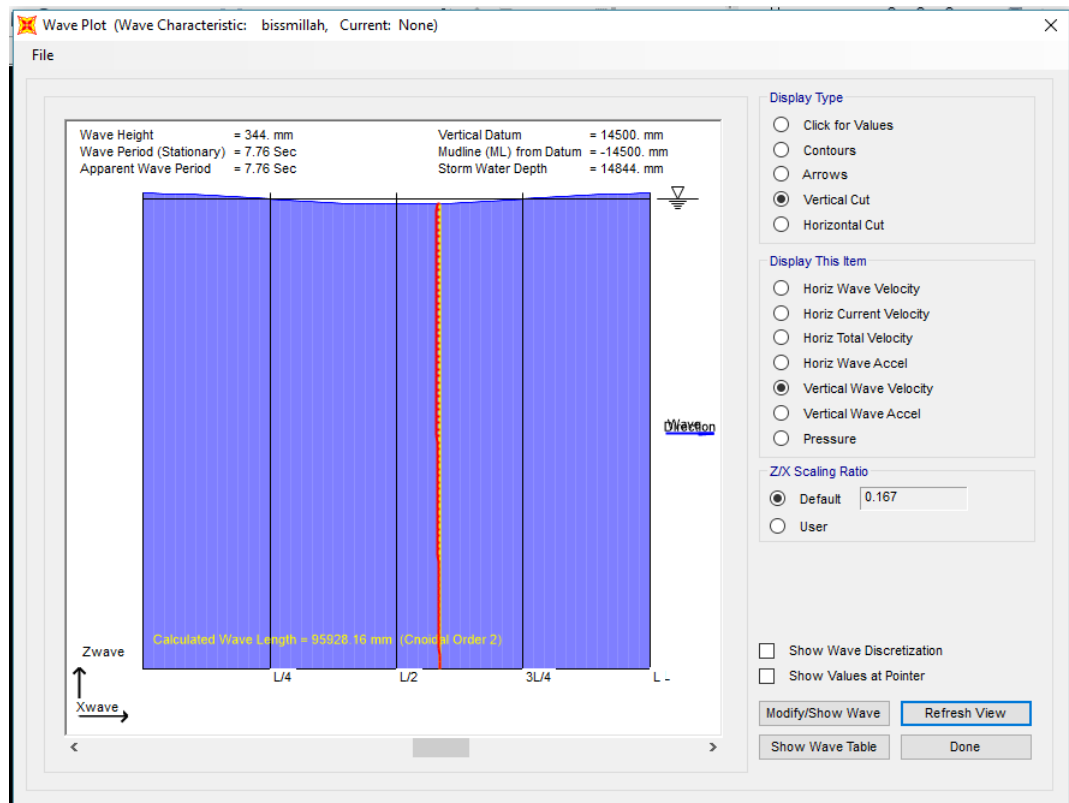
Gambar. Wave Plot Display Arrows



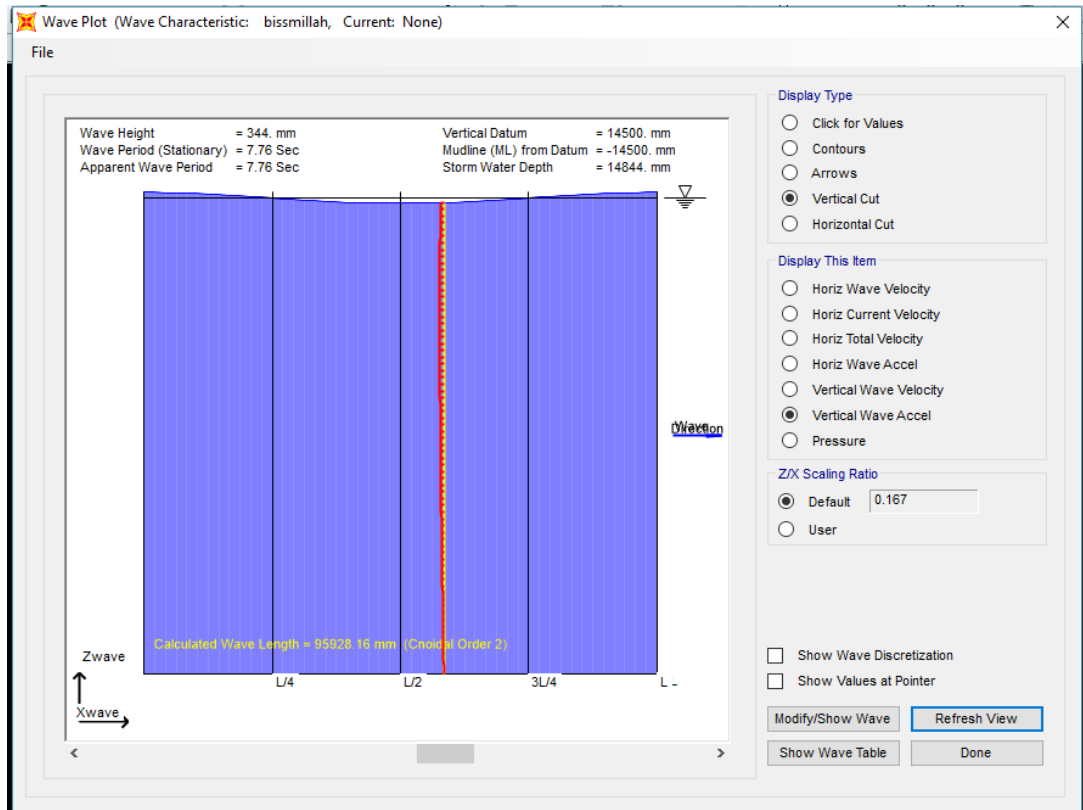
Gambar. *Wave Plot Vertical Cut Horizontal Wave Velocity*



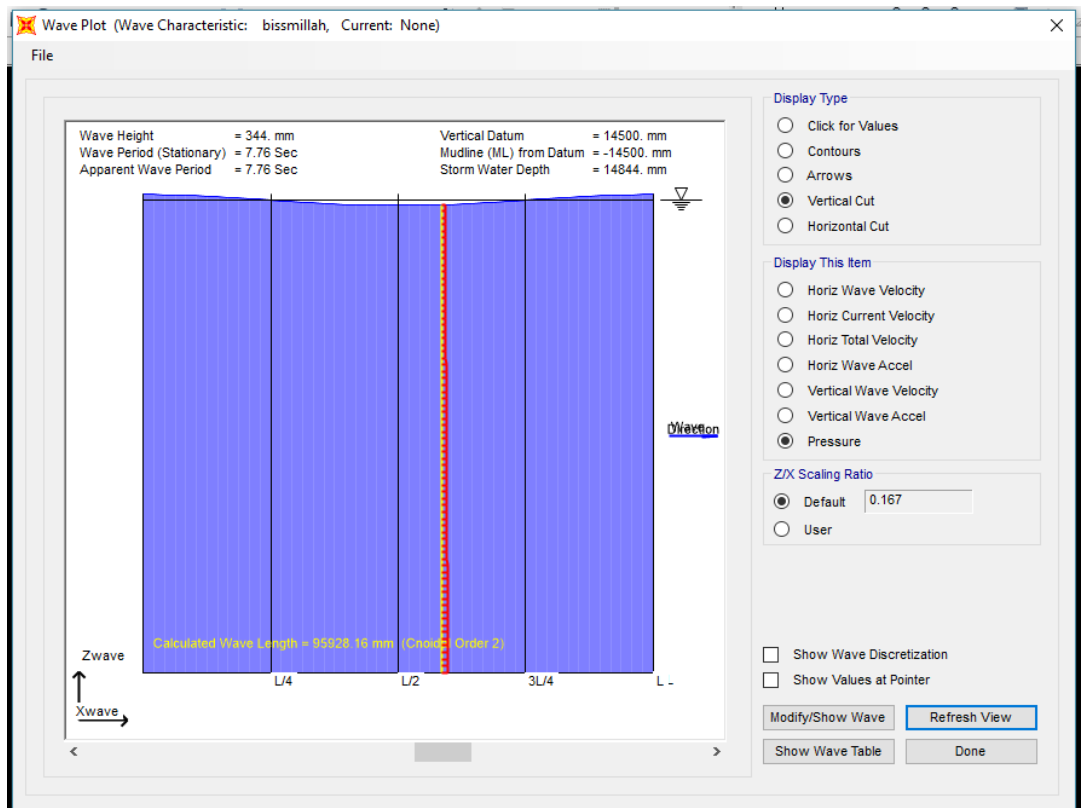
Gambar. Wave Plot Vertical Cut Horizontal Wave Acceleration



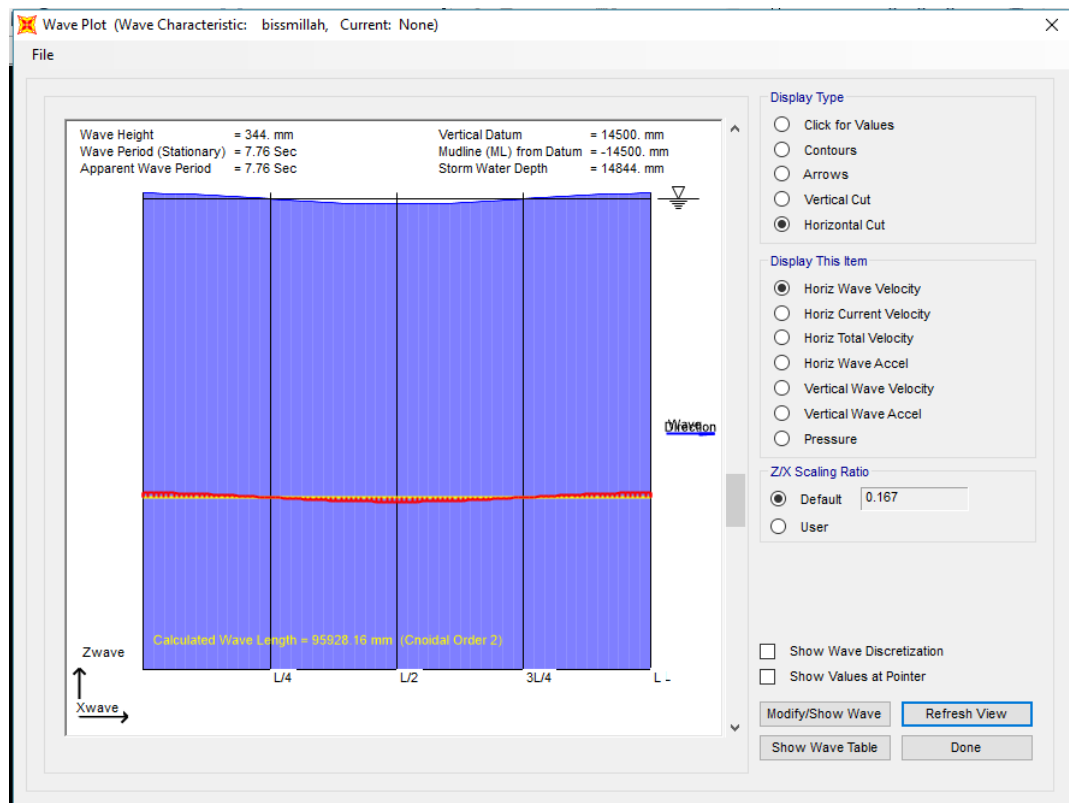
Gambar. Wave Plot Vertical Cut Vertical Wave Velocity



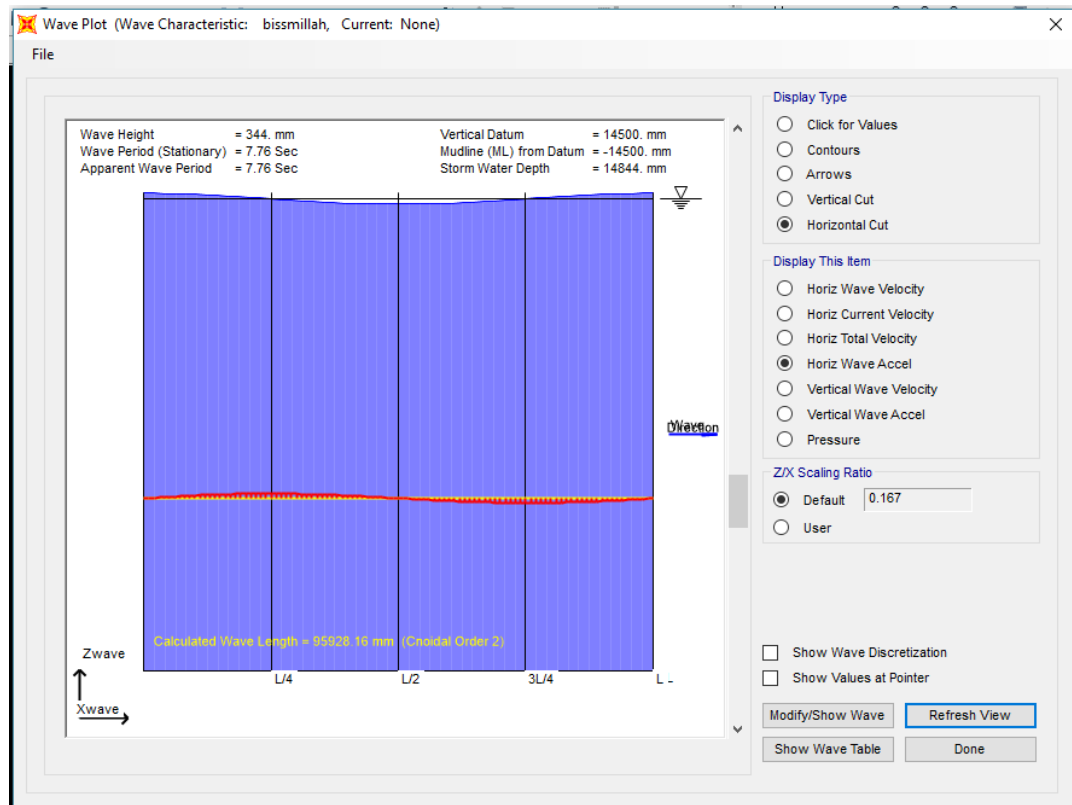
Gambar. *Wave Plot Vertical Cut Vertical Wave Acceleration*



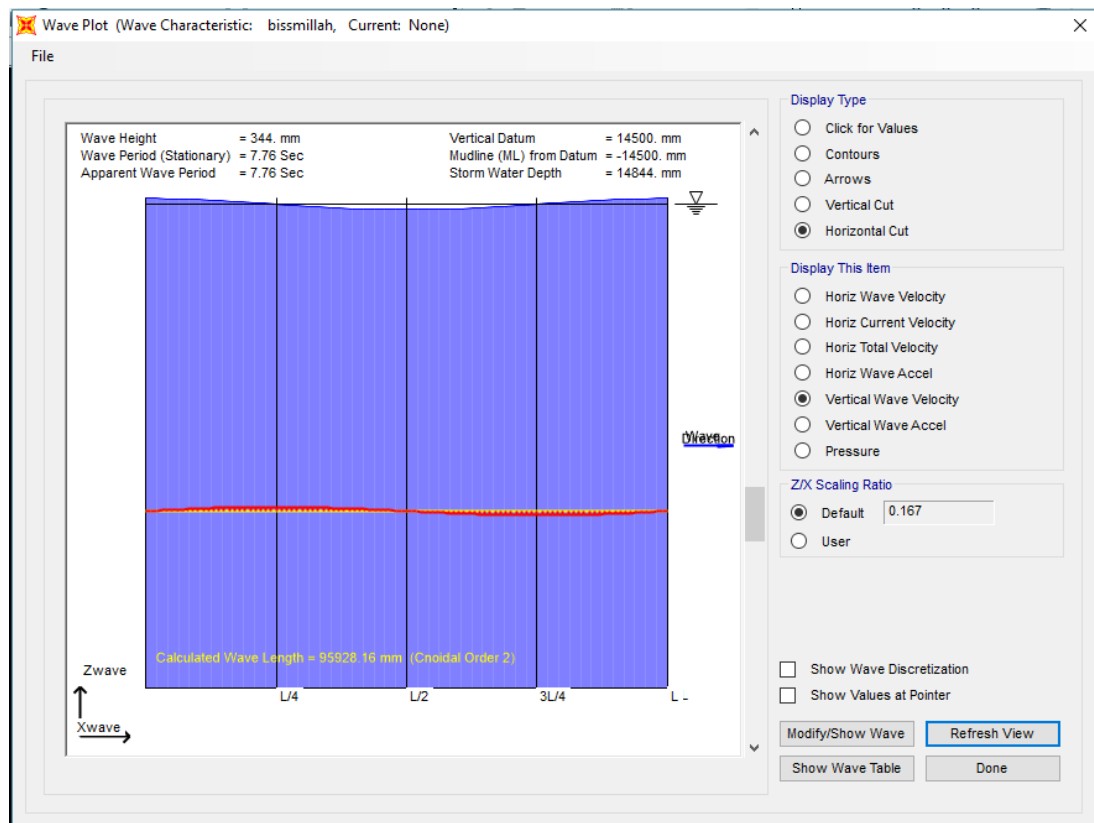
Gambar. Wave Plot Vertical Cut Pressure



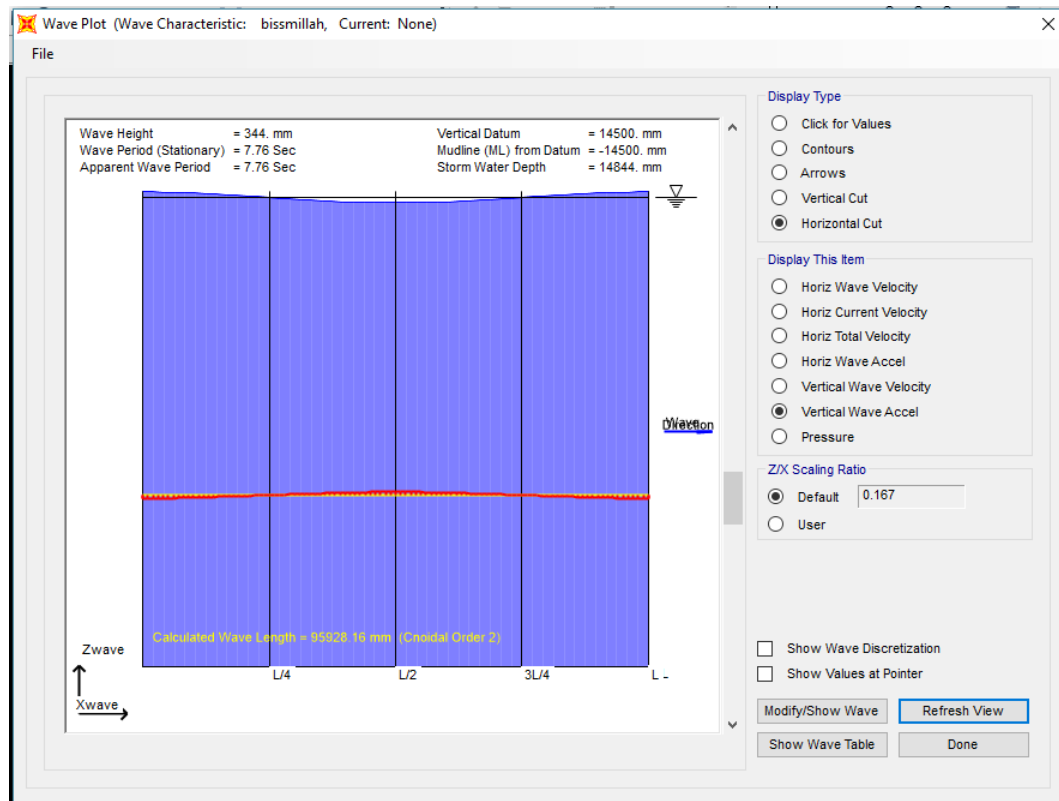
Gambar. Wave Plot Horizontal Cut Horizontal Wave Velocity



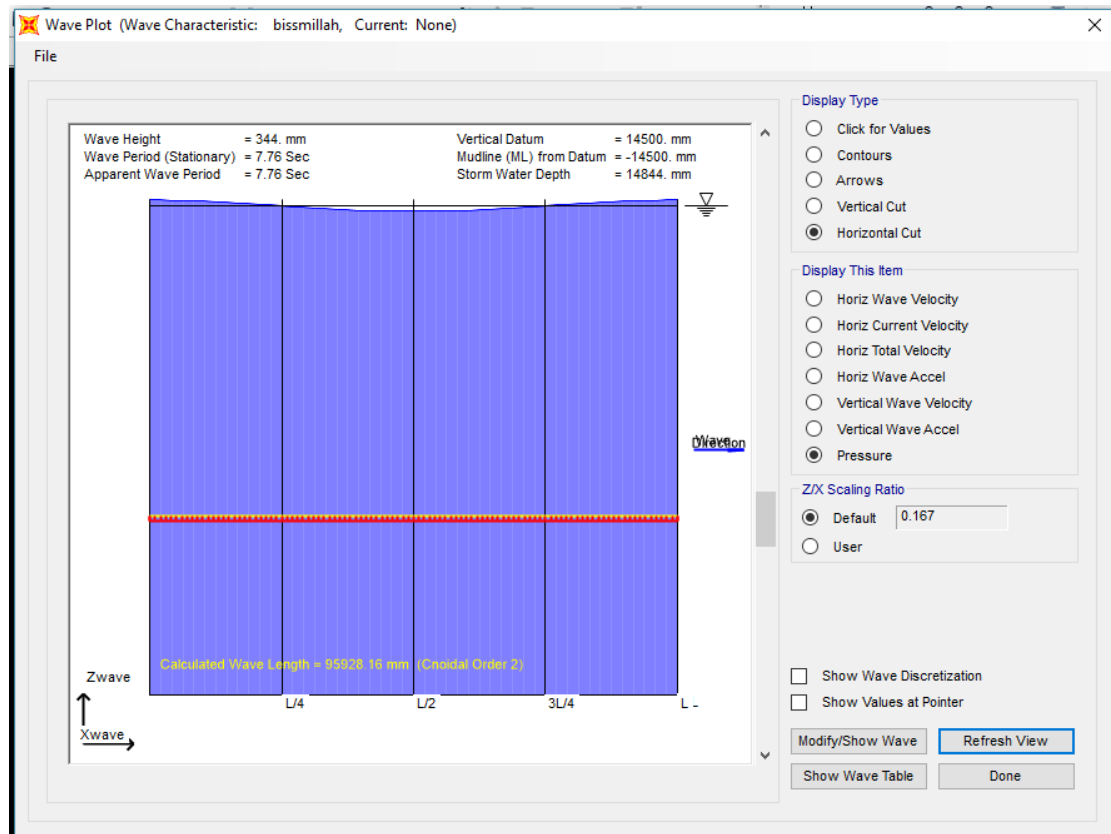
Gambar. *Wave Plot Horizontal Cut Horizontal Wave Acceleration*



Gambar. *Wave Plot Horizontal Cut Vertical Wave Velocity*



Gambar. *Wave Plot Horizontal Cut Vertical Wave Acceleration*



Gambar. *Wave Plot Horizontal Cut Pressure*

LAMPIRAN D

SPESIFIKASI TIANG PANCANG YANG DIGUNAKAN

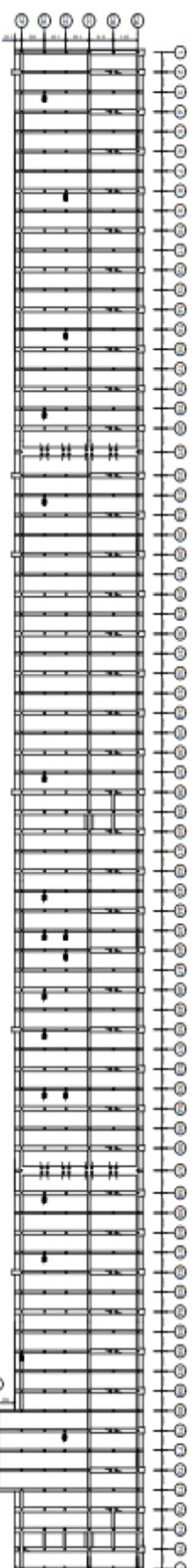
**STANDARD SIZE AND WEIGHT
ASTM A 252 / JIS A 5525 - STEEL PIPE PILE**

OUTSIDE DIAMETER		THICKNESS	WEIGHT	CROSS SECTIONAL WALL AREA	MODULUS OF INERTIA	MODULUS OF SECTION	RADIUS OF GYRATION
Inch	mm	mm	Kg/m	A (cm ²)	I (cm ⁴)	Z (cm ³)	r (cm)
	318,5	6,0	46,24	58,9	719 x 10	452	9,1
		9,0	68,69	87,3	105 x 10 ²	659	10,9
12 3/4	323,9	7,1	55,47	70,6	887 x 10	54,8 x 10	11,2
		9,0	69,89	89,0	110 x 10 ²	68,2 x 10	11,1
14	355,6	6,0	51,73	69,1	105 x 10 ²	593	12,4
		9,0	76,92	98,00	147 x 10 ²	828	12,3
	400	9,0	86,78	110,6	211 x 10 ³	105,7 x 10	13,8
		12,0	114,83	146,3	276 x 10 ³	137,8 x 10	13,7
16	406,4	9,0	88,20	112,4	222 x 10 ³	109,2 x 10	14,1
		12,0	116,71	148,7	289 x 10 ³	142,4 x 10	14,0
20	508,0	9,0	110,75	141,1	439 x 10 ³	173 x 10	17,6
		12,0	146,78	187,0	575 x 10 ³	227 x 10	17,5
		14,0	170,55	217,3	663 x 10 ³	261 x 10	17,5
24	609,6	9,0	133,90	169,8	766 x 10 ³	251 x 10	21,2
		12,0	176,84	223,3	101 x 10 ⁴	330 x 10	21,1
		14,0	205,62	262,0	166 x 10 ⁴	381 x 10	21,1
		16,0	234,21	296,4	232 x 10 ⁴	431 x 10	21,0
28	711,2	9,0	155,85	198,5	122 x 10 ⁴	344 x 10	24,8
		12,0	206,91	263,6	161 x 10 ⁴	453 x 10	24,7
		14,0	240,70	306,6	196 x 10 ⁴	524 x 10	24,7
		16,0	274,60	349,4	211 x 10 ⁴	594 x 10	24,6
32	812,8	9,0	178,40	227,3	184 x 10 ⁴	452 x 10	28,4
		12,0	236,97	301,9	242 x 10 ⁴	596 x 10	28,3
		14,0	275,78	351,3	280 x 10 ⁴	690 x 10	28,2
		16,0	314,39	400,5	318 x 10 ⁴	782 x 10	28,2
36	914,4	12,0	267,04	340,2	346 x 10 ⁴	758 x 10	31,9
		14,0	310,83	396,0	401 x 10 ⁴	878 x 10	31,8
		16,0	354,47	451,6	456 x 10 ⁴	997 x 10	31,8
		19,0	419,53	534,5	536 x 10 ⁴	117 x 10 ³	31,7
40	1016,0	12,0	297,10	378,5	477 x 10 ⁴	939 x 10	35,5
		14,0	345,93	440,7	553 x 10 ⁴	109 x 10 ³	35,4
		16,0	394,56	502,7	628 x 10 ⁴	124 x 10 ³	35,4
		19,0	467,13	595,1	740 x 10 ⁴	146 x 10 ³	35,3
44	1117,6	12,0	327,17	416,8	637 x 10 ⁴	114 x 10 ³	39,1
		14,0	381,01	485,4	739 x 10 ⁴	132 x 10 ³	39,0
		16,0	434,65	553,7	840 x 10 ⁴	150 x 10 ³	39,0
		19,0	514,74	655,8	990 x 10 ⁴	177 x 10 ³	38,8
	1200	14,0	409,45	523,6	917 x 10 ⁴	153 x 10 ³	41,9
		16,0	467,16	595,1	104 x 10 ⁴	174 x 10 ³	41,9
		19,0	553,35	704,9	123 x 10 ⁴	205 x 10 ³	41,8
		22,0	639,09	814,2	141 x 10 ⁴	235 x 10 ³	41,7
48	1219,2	14,0	416,08	530,1	963 x 10 ⁴	158 x 10 ³	42,6
		16,0	474,73	604,8	109 x 10 ⁴	180 x 10 ³	42,5
		19,0	562,34	716,4	129 x 10 ⁴	212 x 10 ³	42,4
		22,0	649,50	827,4	148 x 10 ⁴	243 x 10 ³	42,3
	1300	14,0	443,98	565,6	117 x 10 ⁴	180 x 10 ³	45,5
		16,0	506,62	645,4	133 x 10 ⁴	205 x 10 ³	45,4
		19,0	600,20	764,6	157 x 10 ⁴	241 x 10 ³	45,3
		22,0	693,34	883,3	180 x 10 ⁴	278 x 10 ³	45,2

LAMPIRAN E

LOCATION OF PILE THICKNESS MEASUREMENT

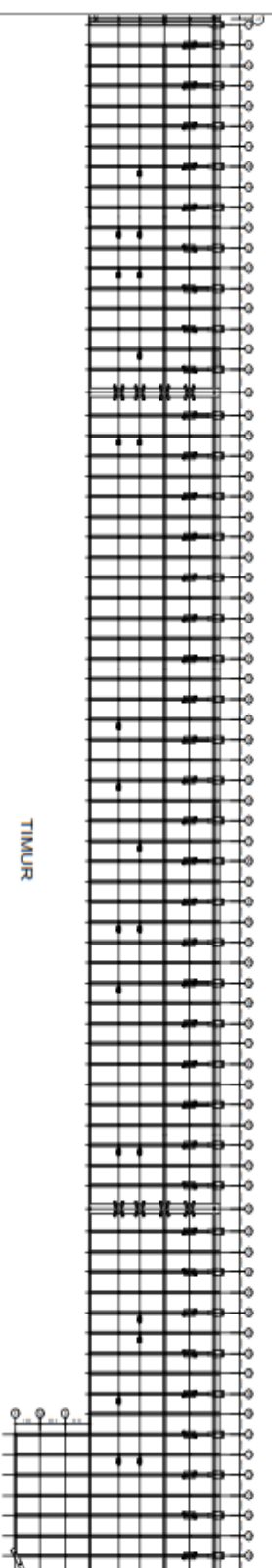
DERMAGA 2



BARAT

LOCATION OF PILE THICKNESS MEASUREMENT
Scale : 1 : 4500

DERMAGA 1



TIMUR

LAMPIRAN F

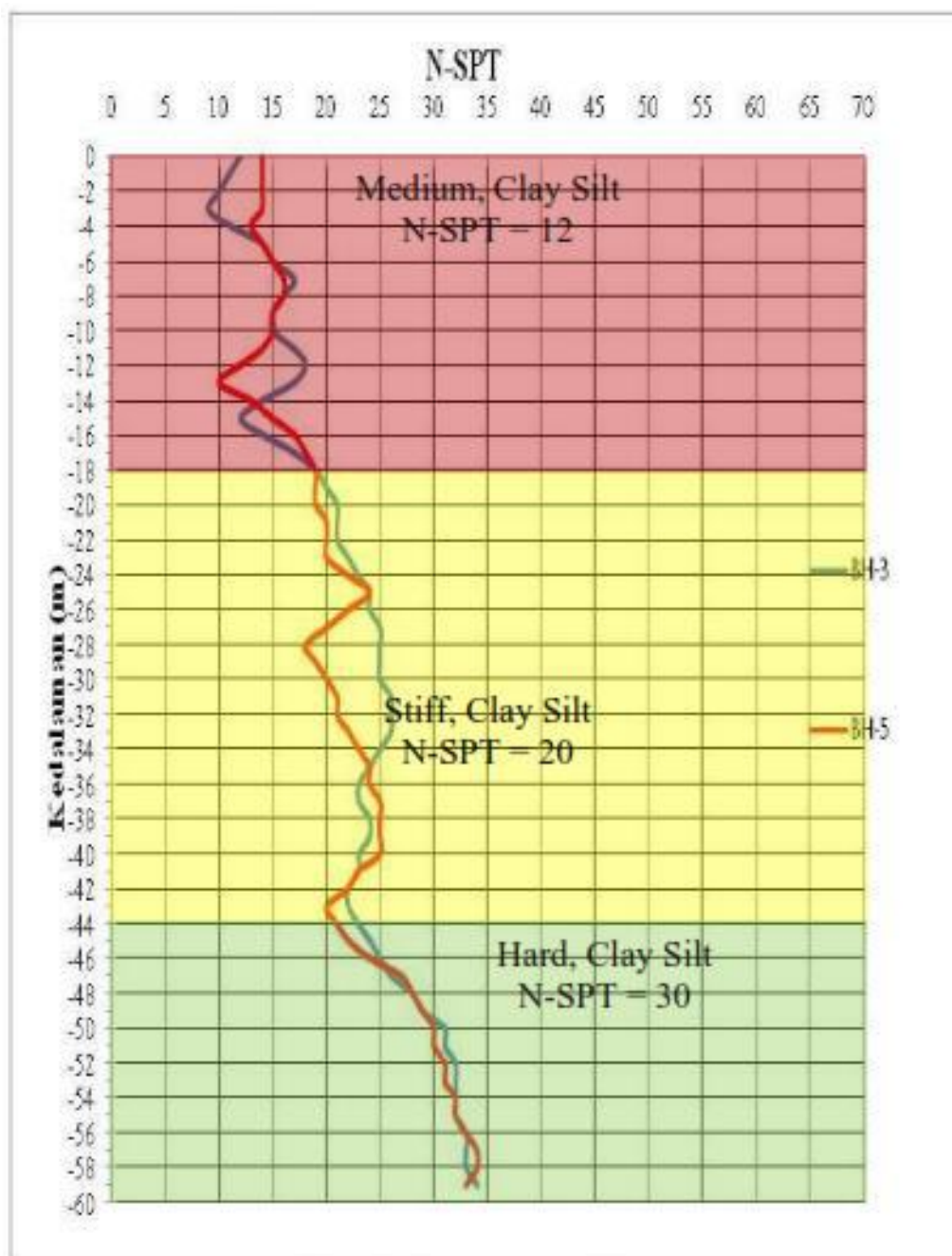
DATA SEKUNDER SURVEY TANAH DI TELUK LAMONG

(*Sumber: Setyawan, Yudha. 2017)

*tercantum di daftar pustaka

Tabel 4.1 Rangkuman Data Tanah dari hasil SPT

KEDALAMAN N (M)	DESKRIPSI TANAH	N-SPT	DESKRIPSI TANAH	N-SPT
		BH-3		BH-5
0	Urugan Tanah		Urugan Tanah	
-1	Clay silt	12	Clay silt	14
-2		11		13
-3		10		14
-4		9		14
-5		11		13
-6		14		14
-7		14		13
-8		11		14
-9		12		13
-10		13		14
-11		14		14
-12		13		12
-13		15		14
-14		17		10
-15		14		13
-16		12		15
-17		14		17
-18		17		18
-19		19		19
-20		20		19
-21		21		19
-22		21		20
-23		21		20
-24		22		20
-25		23		22
-26		24		24
-27		24		22
-28		25		20
-29		25		18
-30		25		19
-31		25		20
-32		26		21
-33		26		21
-34		26		22
-35		25		23
-36		24		24
-37		23		24
-38		23		25
-39		24		25
-40		24		25
-41		23		25
-42		23		23
-43		22		22
-44		22		20
-45		23		21
-46		24		22
-47		25		24
-48		26		27
-49		28		28
-50		29		29
-51		31		30
-52		31		30
-53		32		31
-54		32		31
-55		32		32
-56		32		32
-57		33		33
-58		33		34
-59		33		34
-60		34		33



Tabel 4.8 Hasil Rangkuman Data Tanah

Lampiran 2. Data Hasil Pengujian Laboratorium Tanah															
Depth m	Deskripsi Tanah	Thickness m	Nspt m	Volumetri Gravimetri					Direct / Triaxial			Konsolidasi			
				eo	Wc (%)	wsat t/m ³	γ [*] t/m ³	γd t/m ³	φ (°)	C	Cu t/m ²	Pp	Cc	Cs	Cv cm ² /s
0 - 18	Clay Silt	18	12	1.45	53.9	1.690	0.690	1.1	28	1.33	2	-	0.350	0.044	0.0006
18 - 44	Clay Silt	26	20	1.08	39.9	1.820	0.820	1.3	24	4.29	6.4	-	0.240	0.030	0.0008
44 - 60	Clay Silt	16	30	0.8	29.6	1.960	0.960	1.5	30	6.07	9.6	-	0.160	0.020	0.001

Tabel 4.9 Data Karakteristik Tanah

Depth m	Nspt m	Deskripsi Tanah	Konsistensi		
			LL (%)	PL (%)	PI (%)
0 - 12	12	Clay Silt	54.06	-	30
12 - 44	20	Clay Silt	54.2	-	31.2
44 - 60	30	Clay Silt	54.6	-	31.4

Table 3.6 : Bor and SPT data B-6

Bore No. : B-6
 Project : Rencana Pelabuhan Teluk Lempeng
 Location : Pelabuhan Tanjung Pagar Singapura
 Elevation : -0.507 m L.W.S.
 Date Issd

Coordinates of GPS
 X = 0694337
 Y = 5020151
 Diameter of Bore : 75 mm
 Diameter of Casing : 65 mm

BORELLOG

Elevation (m LWS)	DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOR	SPT Value Depth sample (Bore / 30 cm)	Grain Size Analysis (%)			
							Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
4.802	0		0							
-1.206	1		14			4 + 6 + 8 = 14	0.62	2.81	51.35	45.22
-2.895	2		1.00	Clayey Silt		1.00 - 1.50 m				
-3.889	3		0.00			3 + 6 + 8 = 13	0.00	2.64	45.62	48.64
-4.303	4		4.00			4.00 - 4.50 m				
-4.808	5		2.39	Silty Sand	Yellowish Grey	4 + 7 + 8 = 16	2.39	46.42	41.77	9.42
-7.249	7		7.00			7.00 - 7.50 m				
-8.890	8		0.00			3 + 6 + 8 = 15	0.00	1.81	53.22	44.07
-10.330	10		0.00			10.00 - 10.50 m				
-11.290	11		0.00			2 + 4 + 6 = 10	0.00	1.06	50.50	48.44
-13.090	12		0.00			13.00 - 13.50 m				
-13.806	13		0.00			4 + 7 + 10 = 17	0.00	0.49	51.89	47.63
-14.826	14		0.00			16.00 - 16.50 m				
-15.883	16		0.00			4 + 8 + 11 = 19	0.00	0.54	52.12	47.24
-16.383	16		0.00			5 + 8 + 12 = 20	0.00	0.43	48.16	51.39
-17.330	17		0.00			22.00 - 22.50 m	0.00	0.31	59.29	48.40
-18.000	18		0.00			25.00 - 25.50 m				
-18.800	19		0.00							
-20.000	20		0.00							
-21.800	21		0.00							
-22.666	22		0.00							
-23.666	23		0.00							
-24.803	24		0.00							
-26.863	25		0.00							
-28.803	26		0.00							
-27.203	27		0.00							

Bore No: B-5
 Project: Pomona Freshwater Tank Lining
 Location: Pomona Taroona Peak Sludge
 Elevation: -0.000 m L.V.S.
 See Plan

Coordinates of GPS
 X = 0694337
 Y = 5203551
 Diameter of Bore
 : 75 mm
 Diameter of Casing
 : 88 mm

BORE LOG

Elevation (m L.V.S.)	DEPTH (m)	BORE LOG	Standard Penetration Test (SPT) N / 30 cm	DESCRIPTION	COLOR	SPT Value Depth sample (Blow / 30 cm)	Grain Size Analysis (%)			
							Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
-0.000	0		0			6 + 8 + 10 = 18				
-09.800	29					28.00 - 28.50 m				
-26.800	30					5 + 8 + 13 = 22	0.00	0.55	50.19	49.27
-41.800	31					31.00 - 31.50 m				

Table 1.8 : Bore and BPT Logs - 6 (Continued)

Bore No. : B-6
 Project : Peruvu Prashasti Tada (Sri) Soring
 Location : Peruvu Prashasti Tada (Sri) Soring
 Elevation : 42.00 m (L.S.D.)
 Date : 19/11/20

Geotechnical Engineer
 (Seal of Engineer)
 (Seal of Engineer)

X = 004457
 Y = 000161
 10 mm
 20 mm

BORE LOG

Elevation (m L.S.D.)	DEPTH (m)	Bore Log	Standard Penetration Test (SPT) N/25 cm	VISUAL DESCRIPTION	COLOUR	S.P.T. Value Depth sample (Bore / 25 cm)	Grain Size Analysis (%)			
							Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
42.000	0									
41.800	0.2		12	Silt and Clay	Grey	5 + 9 + 13 = 22 31.00 - 31.50 m	0.09	0.73	49.09	49.23
41.600	0.4		12	Silt and Clay	Grey	4 + 10 + 14 = 28 34.00 - 34.50 m	0.00	0.81	47.48	51.99
41.400	0.6		12	Silt and Clay	Grey	7 + 10 + 15 = 32 37.00 - 37.50 m	0.03	0.82	49.83	49.15
41.200	0.8		12	Silt and Clay	Grey	6 + 9 + 16 = 31 40.00 - 40.50 m	0.17	20.74	45.62	23.48
41.000	1.0		12	Sandy Silt with Clay	Black	6 + 8 + 12 = 26 43.00 - 43.50 m	0.06	0.42	51.82	47.96
40.800	1.2		12	Sandy Silt with Clay	Black	7 + 11 + 16 = 34 45.00 - 45.50 m	0.03	0.87	48.60	49.13
40.600	1.4		12	Sandy Silt with Clay	Black	8 + 12 + 16 = 36 48.00 - 48.50 m	0.00	0.78	49.72	49.60
40.400	1.6		12	Sandy Silt with Clay	Black	7 + 13 + 17 = 37 50.00 - 50.50 m	0.00	0.66	52.18	47.17
40.200	1.8		12	Sandy Silt with Clay	Black	6 + 13 + 18 = 37 53.00 - 53.50 m	0.00	0.88	48.84	50.28
40.000	2.0		12	Sandy Silt with Clay	Black	0 + 14 + 18 = 32 56.00 - 56.50 m	0.00	0.91	50.05	48.05
39.800	2.2		12	Sandy Silt with Clay	Black	9 + 14 + 19 = 42 59.00 - 59.50 m	0.00	0.91	50.05	48.05
39.600	2.4		12	Sandy Silt with Clay	Black	8 + 14 + 19 = 41 62.00 - 62.50 m	0.00	0.91	50.05	48.05

Table 3.4 : Bif and BPT with 10 + 2

Base Pin : H-3
 Project : Pancasila Pembangunan Terpadu Lampung
 Location : Kabupaten Tanggamus, Perairan Anaklaka
 Elevation : + 0.00 m L.W.M.
 Data Date :

Diameter of Core
Diameter of Casting

06/2012	06/2012
60000002	60000002
73	73
100	100

NOTES

Elevation (ft. LWS)	DEPTH (m)	BORE LOG	Desired Penetration Test (lb/ft) 30/24 cm	DESCRIPTION	COLOR	S.P. Value Depth sample (Below 30 cm)	Gravel (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
44.800	0									
44.500	1		12	Clayey Silt	Brown	3 + 5 + 7 = 12	0.16	2.51	46.55	51.48
44.200	2		13			1.00 + 1.50 = 1.50	0.00	1.80	55.13	31.85
43.900	4					2 + 4 + 6 = 10				
43.700	5			Silty Sand with Clay	Grey	4.00 + 4.50 = 8.50	3.91	43.83	37.56	17.30
43.500	7					4 + 7 + 10 = 17				
43.300	9		17			7.00 + 7.50 = 14.50	0.00	11.02	25.98	0.00
43.100	10			Silty Sand	Brown	3 + 5 + 10 = 18				
42.900	11		18			10.00 + 10.50 = 20.50	0.00	21.74	49.15	29.05
42.700	12			Clayey Silt with Sand	Grey	4 + 7 + 11 = 22				
42.500	14		19			13.00 + 13.50 = 26.50	1.10	61.21	37.50	0.00
42.300	15			Silty Sand	Grey	3 + 5 + 8 = 16				
42.100	16		11			16.00 + 16.50 = 32.50	0.00	0.22	82.78	49.07
41.900	17					5 + 8 + 13 = 26				
41.700	18		21			16.00 + 16.50 = 32.50	0.00	0.22	82.78	49.07
41.500	19					6 + 9 + 12 = 27	0.57	3.23	49.12	46.58
41.300	20					22.00 + 22.50 = 44.50	0.00	4.57	51.33	47.10
41.100	21		21			5 + 9 + 14 = 28	0.00	1.24	54.21	44.45
40.900	22					25.00 + 25.50 = 50.50				
40.700	23		23			9 + 10 + 14 = 33	0.00	0.26	60.80	49.35
40.500	24					28.00 + 28.50 = 56.50				
40.300	25		24			5 + 10 + 15 = 30				
40.100	26					37.00 + 37.50 = 74.50				
39.900	27		25							
39.700	28									
39.500	29		26							
39.300	30									
39.100	31		28							

Table 1.4 : Bore log SP788-B-3 (Continued)

Bore No. : B-3 Corehead
Project : Rameswaram Island
Location : Rameswaram Island
Elevation : +0.00 m L.W.S.
Date Bore :

Diameter of Bore : 75 mm
Diameter of Casing : 50 mm

BORE LOG

Elevation (m LWS)	Depth (m)	Bore Log	Ground Profile (m LWS)	Description	Color	SPT Value (Blows/30 cm)	Grain Size Analysis (%)			
							Gravel	Sand	Silt	Clay
41.000	30					6 + 10 + 15 = 26				
41.100	31					37.00 - 37.50 m				
41.200	32					7 + 15 + 15 = 26	0.00	0.37	59.47	40.16
41.300	33					34.00 - 34.50 m				
41.400	34						0.00	0.35	59.21	40.66
41.500	35					6 + 0 + 14 = 20				
41.600	36					37.00 - 37.50 m				
41.700	37					7 + 0 + 15 = 22	0.00	0.30	59.03	40.68
41.800	38					40.00 - 40.50 m				
41.900	39					7 + 0 + 13 = 20				
42.000	40					43.00 - 43.50 m	0.00	0.44	59.83	40.09
42.100	41					6 + 0 + 13 = 20				
42.200	42					48.00 - 48.50 m	0.00	0.35	59.73	40.92
42.300	43					7 + 10 + 13 = 20				
42.400	44					48.00 - 48.50 m	0.00	0.27	59.33	40.60
42.500	45									
42.600	46					6 + 13 + 17 = 30				
42.700	47					48.00 - 48.50 m	0.00	0.27	61.79	38.24
42.800	48					6 + 13 + 10 = 20				
42.900	49					48.00 - 48.50 m	0.00	0.19	66.07	44.73
43.000	50					6 + 14 + 17 = 21				
43.100	51					55.00 - 55.50 m	0.00	0.35	61.71	46.64
43.200	52					6 + 13 + 18 = 31				
43.300	53					68.00 - 68.50 m				
43.400	54									
43.500	55									
43.600	56									
43.700	57									
43.800	58									
43.900	59									
44.000	60					9 + 15 + 19 = 34	0.00	2.71	68.70	50.19

Depth	Description Turbid	Thickness m	Depth m	Volumetric Gravimetry					Direct / Triaxial			Consolidation			
				eo	Wc (%)	ysat t/m ³	v' t/m ³	vd t/m ³	ϕ (°)	c	Cu t/m ³	Ip	Cc	Cs	Cv cm ² /s
0 - 18	Clay Silt	18	12	1.43	53.9	1.690	0.699	1.1	28	1.13	2	-	0.350	0.644	0.0006
18-44	Clay Silt	26	20	1.68	30.9	1.820	0.820	1.3	24	4.29	6.4	-	0.240	0.630	0.0008
44 - 60	Clay Silt	16	30	0.8	29.6	1.950	0.960	1.5	30	6.07	9.6	-	0.160	0.020	0.001

Depth	Depth m	Depth m	Description Turbid	Consolidation		
				LL (%)	PL (%)	PI (%)
0 - 12	12	12	Clay Silt	54.06	-	30
12 - 44	20	20	Clay Silt	54.2	-	31.2
44 - 60	30	30	Clay Silt	54.6	-	31.4

BIODATA PENULIS



Faatih Rabbaaniy adalah nama penulis. Penulis lahir pada tanggal 8 April 1995. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Al-Islam Jetis dan lulus pada tahun 2000/2001, kemudian melanjutkan pendidikan di MI Al-Islam Jetis kab. Madiun dan lulus pada tahun 2007. Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Geger Kab. Madiun dan lulus pada tahun 2010, kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Geger Kab. Madiun dan lulus pada tahun 2013.

Pada tahun 2013 penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan melalui jalur SNMPTN dan terdaftar dengan NRP 4313100027. Selama perkuliahan, selain aktif dalam kegiatan akademis, penulis juga aktif dalam Unit Kegiatan Mahasiswa selama masih mahasiswa tahun pertama. Selain ikut dalam kegiatan UKM, penulis juga aktif dalam beberapa kepanitiaan antara lain kepanitiaan wisuda, OCEANO ITS 2014 sie Perkap, YES SUMMIT 2015 sie *Medical and Consumption*, *Voluteer* PETROLIDA 2015 sebagai *Liaison Officer* (LO), dan pernah menjadi ketua sie *sponsorship* pada Pelayaran IPTEK 2016, serta menjadi panitia dalam beberapa kuliah tamu atau juga kepanitiaan lain. Selain aktif dalam kegiatan kepanitiaan dan menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan FTK ITS, penulis juga pernah menjabat sebagai Ketua Departemen Sosial Masyarakat BEM FTK 2015/2016.

Pada tahun 2016 penulis berkesempatan untuk kerja praktek di PT. KHI Pipe Industries selama 2 bulan, dimana penulis mendapatkan ilmu dan pengalaman pada bidang produksi pipa dan *coating pipe*. Di akhir masa studi, penulis mengambil Tugas Akhir dengan judul “*Reassessment* Kekuatan Tiang Pancang Dermaga Internasional PT. Terminal Petikemas Surabaya Akibat Pengembangan Fasilitas Dermaga”. Penulis menyelesaikan tugas akhir ini dalam waktu 2 semester.

Contact Person : faatih@gmail.com